

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

# Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Jövőnk anyagai, technológiái

Egyesületi hírmondó

143. évfolyam

2010/5. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

## Vaskohászat

## 1 Takács István – Sente Tünde

60 éve kezdődött Dunapentele határában egy új vasmű építése

## Öntészet

## 13 Mezzölné Sinka Tünde – Dül Jenő

Növelt szilárdságú gömbgrafitos vasöntvény előállítása

## 16 Pilissy Lajos

Adalék a szilumin nemesítését feltaláló, magyar születésű Pacz Aladár munkásságához

## Fémkohászat

## 25 Tolnay Lajos – Földvári Béla – Mihályfi Gábor

A MAL Zrt. másként. Fémes és nemfémes termékek és technológiák

## 31 Lévai Gábor – Godzsák Melinda – Márkus Róbert – Török Tamás

Színeshorganyzott acél próbalemezek vizsgálata GD-OES mélységprofil-elemző spektrometriával

## Jövőnk anyagai, technológiai

## 37 Pálmai Zoltán

Módszer fémek speciális anyagjellemzőinek közelítő meghatározására nagy, gyors deformáció extrém körülményei között

## 41 Nagy Péter – Havasi Lajos – Kálazi Zoltán

Fűrészlapfogazat lézersugaras kezelése

## 45 Kaptay György

Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban IV. A határfelületi gradiens erő

## Egyesületi hírmondó

## 55 Emléktanulmányút Erdélybe

## 57 A Korróziós Figyelő 50 éve

Öntészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Öntöde utódjának tekintjük.

## István Takács –Tünde Sente: Construction of new iron works was launched 60 years ago, at the border of village Dunapentele ... .. 1

Authors describe the circumstances of building of the iron works, celebrating its 60th anniversary and the justification of its creation. They demonstrate the developments of the works and their results. There are reported the anniversary's celebration and the declaration of the general director having prepared the privatisation of the works and that one of the new owner's first general director relating the future of the works.

## Tünde Mezzölné Sinka - Jenő Dül: Production of ductile iron castings of elevated strength ... .. 13

The object of the paper is the examination of factors affecting the properties of the modular graphite cast iron for the reliable production of such castings and eliminating the most frequent and avoidable mistakes. The results shown are originated from the experimental and development stage of the production of a part to be assembled into a vehicle running gear at Busch-Hungária Co. Ltd. We examined samples taken from brake calipers, in the laboratories of Miskolc University and Busch-Hungária Co. Ltd.

## Lajos Pilissy: A contribution to the activities of Aladar Pacz born in Hungary, having invented the modification of silumins ... .. 16

On the base of his recent investigations, the author corrects and complements the statements of his 1991's paper.

## Lajos Tolnay – Béla Földvári – Gábor Mihályfi: MAL Zrt from another perspective Metallic and non-metallic products and technologies ... .. 25

Authors provide an overview on the recent changes in the life of MAL group of firms, expansion of product selection with production of special alumina products and plans for the future.

## Gábor Lévai – Melinda Godzsák – Róbert Márkus – Tamás Török: Examination of colour galvanized steel sheet samples by GD-OES deep profile analysing spectrometry ... .. 31

Hot-dip galvanization of unalloyed steel products (sheets, long products, welded structures etc.) for corrosion protection is a well-known process applied widely in the metal industry's practice. The surface colouration of hot-dip galvanized products is most frequently realised with pigmented organic coatings (so called duplex coatings). Alloying the hot-dip galvanising bath with reactive metals (e. g. Ti, Mn [1]) even by itself can result surface reactions colouring dip-hot galvanised products. We tried to investigate such effect of alloying with titanium

under laboratory conditions in the surface technical laboratory of the Metallurgical and Foundry Department with plasma generated (GD) deep profile analysing spectrometry recently started up.

## Zoltán Pálmai: A method for the approximate determination of the specific material properties of metals under the extreme conditions of fast deformation ... .. 37

The common feature of the different forming technologies is that the deformation is concentrated into a relatively narrow shear zone. The behaviour of the material can be defined only by specific material properties, the definition of which is difficult and costly. We have developed a new method for the comparatively simple and cheap definition of these specific material properties based on the well-known theory and the sophisticated measuring technology of cutting. To achieve this we have developed our previous dynamic technological model, which is described by evolution and delay differential equations. As an example, in the case of a steel with 13% Cr content  $T \approx 520 - 555^\circ\text{C}$ ,  $\gamma = \varepsilon_\phi$ ,  $\approx 2,6 - 2,8$   $\gamma = \varepsilon_\phi \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ , the thermal softening  $k \approx 0,98 \pm 0,016 \text{ MPa/K}$ , the strain rate sensitivity constant  $k \approx 0,034 \pm 0,009$  and the strain hardening exponent  $n \approx 0,17 \pm 0,005$ .

## Péter Nagy – Lajos Havasi – Zoltán Kálazi: Laserbeam treatment of bandsaw blades ... .. 41

The paper presents the main characteristics of the wood-working bandsaw blades, which are the most used tools in the woodworking industry. The authors show their results which were obtained by carrying out of a research project that aimed the elaboration of a laser surface alloying based new technology for extension of the blade's cutting lifetime. The wood cutting tests show that the developed method increased very significantly the cutting performance of the new bandsaw blade.

## György Kaptay: Interfacial phenomena in metallic materials technologies. Part 4. The interfacial gradient force ... .. 45

In the fourth part of this series of papers the equation for the interfacial gradient force is derived. This force is induced by the temperature gradient or by the concentration gradient. The interfacial gradient force drags phases from places with higher interfacial energy towards places with lower interfacial energies. Thus, under the influence of this force phases usually migrate from places at low temperature towards places at a higher temperature and also from places of low to places of higher concentration of an interface active component (relative to the given phase).

TAKÁCS ISTVÁN – SZENTE TÜNDE

## 60 éve kezdődött Dunapentele határában egy új vasmű építése

*A szerzők a rendelkezésükre álló dokumentumok alapján a 60 éves jubileumát ünneplő vasmű építésének körülményeiről, a létesítés indoklásáról írnak. Bemutatják a kombinát fejlesztéseit, s azok eredményeit. Beszámolnak a jubileumi ünnepségről és ismertetik a gyár privatizációját előkészítő vezérigazgató és az új tulajdonos első vezérigazgatójának a gyár jövőjét érintő nyilatkozatait.*

### 1. A vasmű megépítésének előzményei, indoklása és működésének eredményessége

Egy magyarországi új vasmű építésére 1938–1942 között a hadiipar acéllátásához, a háború után az ország iparosításához, a más forrásból ki nem elégíthető növekvő acéligény biztosítására készültek tervek.

A Győrben 1942-ben elkezdett, a bombázások miatt meghiúsult gyárépítés után (mohácsi próbálkozást követően) 1950. május 2-án Dunapentele határában kezdődött meg egy 450 kt/év (900 kt/év-re bővíthető) kapacitásúra tervezett acéllemez gyártó, teljes ciklusú (mai szóhasználatnál integrált) kohászati kombinát építése.

Az eredeti elképzeléseket meghaladóan a gyár mellé a 20 000 főre tervezett la-

kótelep helyett egy 60 000 lélekszámú város is épült, és 55–60 év alatt a mű acélgyártó kapacitása a véglegesre tervezettnek is közel a duplájára, évi 1,5–1,7 millió tonnára nőtt.

A beruházás próbára tette a magyar gazdaságot, ezért – főként politikai okokból – többször úgy minősítették, hogy ez az ország gazdaságának erő feletti vállalkozása volt. Az állítást hozzáértők számos helyen megcáfolták, mégis gyakran hallani, hogy a vas és acél országává kívántunk válni. Tudott, hogy nem lettünk acélnagyhatalommá.

Igaz persze, hogy az 50-es évek első felében a nagy hadikiadások mellett a nehézipar költséges, gyors ütemű fejlesztése a mezőgazdasági beruházásokat és az életszínvonalat nagyon hátrányosan érintette. 1953 második felében átmenetileg le is állították a vasmű építését. Az célra

azonban szüksége volt az országnak, így az építés folytatódott.

Fontos megjegyezni, hogy 1988-ig országunk acélfelhasználása hozzávetőleg azonos volt a hazai acéltermeléssel, ui. acélexportunk és acélimportunk kiegyenlített egymást. Mi évtizedeken át olcsóbban állítottuk elő az acéltermékeket annál, mint amennyiért külföldről beszerezhetők volna.

A magyar vaskohászat – a '80-as évek első felének gazdasági problémái mellett is – az 1980–1987 közti nyolc évben több mint kétmilliárd dollárral járult hozzá az ország devizabevételeihez, s ez alatt az export-import mérlegében több mint egymilliárd dollár az aktívum. Tény, ehhez az is hozzájárult, hogy importunk döntően rubel-, exportunk egy része dollárelszámolású volt.

Közgazdászok számításai szerint a Dunai Vasmű 1968-ra az államnak visszafizette azt a 10 milliárd forintot, amit a beruházásra fordítottak.

A mű a rendszerváltás utáni gazdasági recessziót is átvészelte, a melegen és hidegen hengerelt acéllemez, valamint továbbfeldolgozott termékeire sikerült piacot találnia. A kombinát – a régebben épült hazai vaskohászati művektől eltérően – talpon maradt. Tevékenysége munkát adott és ad átlagosan 10 000 embernek, de több mint 100 000 magyar állampolgár mindennapjaira van hatással.

### 2. A Dunai Vasműről korábban megjelent főbb jubileumi kiadványok

A Dunai Vasmű történetének nagyobb részét a szakmához szorosan kötődők több jubileumi kiadványból is megismerhették. Készültek összeállítások a kombinát és egyes gyártó egységei 30, 35, 40 éves működéséről.

**Dr. Takács István** okl. kohómérnök 1984-ben védte meg acélgyártási témájú doktori értekezését. 1961-től 1974-ig acélgyártó, energetikus és termelésvezető, 1993–2005 között energotechnológia menedzser beosztásokban dolgozott a Dunai Vasműben. A köztes 19 évben a TŰKI tudományos osztályvezetője, illetve műszaki főtanácsosként vállalkozásvezetője volt. 10 éven át, 2006-ig az OMBKE választmányában képviselte a vaskohászokat. Részletes szakmai életrajzát 70. születésnapjának köszöntése alkalmából lapunk 2008. 2. számában közöltük.

**Szente Tünde** a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán 1983-ban alakítástechnológusi oklevelet szerzett. A Dunai Vasmű gyártörténettel foglalkozó munkacsoportjához kerülve üzemtörténet-írás volt a feladata. Folytatta tanulmányait; előbb a közművelődés-pedagógia, majd a szociológus szakot végezte el sikeresen. Fő tevékenységévé ettől az időtől a társadalomkutatás vált. Irányításával adta ki a Dunatáj Kiadó Kft. – többek között – a vállalat 50. évfordulójára megjelent Dunai Vasmű Krónikát.

A gyáralapítás 50 éves évfordulójára készült el a közel 600 oldal terjedelmű DUNAFERR Dunai Vasmű Krónika. Ezt az anyagot 14 fős szerkesztőbizottság állította össze *dr. Szabó Ferenc* és *Horváth István* vezérigazgatók elnökletével.

A szélesebb körben elérhető szaklapokban is megemlékeztünk a Dunafer 50 éves jubileumáról. A BKL Kohászat 2000. szeptemberi-októberi számában a mű akkor aktív szakemberei részletesen bemutatták az egyes gyártóegységek és gyártási technológiák fejlesztéseit, a termékek értékesítésének alakulását és a gazdálkodás eredményességét.

A Gép c. folyóirat 2000. decemberi számát szentelte a vasmű jubileumának. Ebben a számban a karbantartás, a villamos fejlesztések, a műszerezés, az anyagvizsgálat és az irányítástechnika szakemberei foglalták össze az első 50 évben történeteket.

Úgy véljük, a visszatekintés a korábbi évfordulókon, így az 50 éves jubileum alkalmával és most, a gyáralapítás 60. évében sem volt öncélú vagy haszontalan. A már hivatkozott DUNAFERR Krónika szerkesztői a könyv első oldalán munkájuk célját az alábbi, *Anatole France*-tól vett idézet segítségével jelölték meg: „A múlt az egyetlen emberi valóság. Csak a múlttal alkothatjuk meg a jövőt.”

### 3. Az első 50 év vázlatos áttekintése

Jelen írásunkban is a fenti célt tartottuk szem előtt. Az előzmények után a vasmű történetének első 50 évét nem taglaljuk

részletesen, de azt éreztük, nem lenne elegendő, ha csak az elmúlt 10 év eseményeiről íránk. A jobb áttekintés végett a teljes 60 év történéseit főbb vonalakban áttekintjük. A kombinát tevékenysége folytatódott, még ha a fejlesztések, a gazdaság változásai vagy a tulajdonosváltás alapján jellemző szakaszokra is bontható.

A Krónika szerkesztői az 50 évet az alábbi fejezetek szerint tárgyalták:

- A Duna-menti vasmű alapvertikumának építése, üzembe helyezése (1950–1965)
- Város és gyár születik a Duna mentén (1950–1955)
- Megtorpanás után (1956–1965)
- A Dunai Vasmű stabilizálja termelését, megalapozza működőképességét (1966–1980)
- Válság és megújulás (1981–1990)
- Metamorfózis, avagy úton a versenyképes piaci működés és a nemzetközi hírnév felé (1991–2000)

Az utóbbi 10 év eseményei nagy mozgalmasságot mutattak, melyet e szerint szakaszolhatunk:

- Mély acélipari válság (2001–2002)
- Felkészülés a privatizációra (2003–2004)
- Acélipari konjunktúra, majd pénzügyi világválság (2005–2010)

A továbbiakban hozzávetőleg mi is a fenti fejezetek szerint emeljük ki a fontosnak ítélt eseményeket.

Valamennyiünk által tudott, hogy egy gyár szakembergárdája munkájának feltevéleit a tulajdonos, illetve annak első-

számú megbízottja (igazgatója, vezérigazgatója) teremti meg. Erre tekintettel – műszaki szaklapban talán szokatlanul – az ő tevékenységüket most mindenképpen be kívánjuk mutatni és röviden méltatni.

Talán nem véletlen, hogy – kisebb átfedésekkel – a gyár egy-egy jellemző működési szakasza és a vezérigazgatók regnálási ideje egybeesik. *Sebestyén János* 1950–1953, *Borovszky Ambrus* 1953–1975, *dr. Szabó Ferenc* 1976–1991, *Horváth István* 1992–2001, *Tóth László* 2001–2002, *Hónig Péter* 2002–2005 között, *Sushil Trikha* 2005-ben, míg *Valeriy Naumenko* 2006-tól vezette ill. vezeti a vállalatot.

#### 3.1 A gyár tervezése, az építkezés első évei

A gyár tervezéséről és az építés első éveiről szólva nem mulaszthatjuk el, hogy ne méltassuk *Sebestyén János* elévülhetetlen munkásságát. Ő

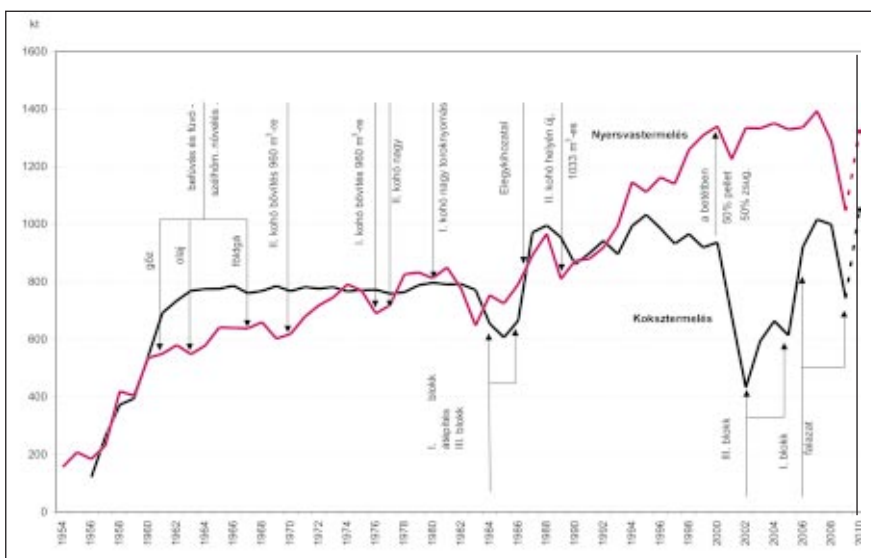
1946-tól 1953-ig, hét éven át irányította az új vasmű technológiai koncepciójának kialakítását, beruházásának előkészítését és építését. Munkája során, a nemzetközi trendeket is tanulmányozva, az ország legjobb szakembereire támaszkodott. *Tettmájer Alfréd*nak, a Rima Rt. szakemberének 1948. decemberi javaslata alapján szakított a korábbi koncepciókkal, melyek vegyesen, rúd- és lapostermék gyártását tervezték. Elérte, hogy az új vasmű tisztán laposáru profilra épüljön. Ez a döntés hosszú távra megalapozta a gyár sikereit, hiszen az ipar laposáru felhasználása nőtt leginkább az utóbbi fél évszázadban.

*Sebestyén János* az OMFB megszervezőjeként annak általános elnökhelyettese volt nyugdíjazásáig. Nyugdíjba vonulása után, mint elnöki tanácsadó, a vasmű jelentős fejlesztéseihez még 1988-ig erkölcsi és szükség szerint anyagi támogatást is nyújtott. Önzetlen munkáját 1954-ben Kossuth-díjjal, 1983-ban Állami Díjjal ismerték el.

Nem feledhetjük a város és a gyár építőinek az építés első éveiben a sártenger-

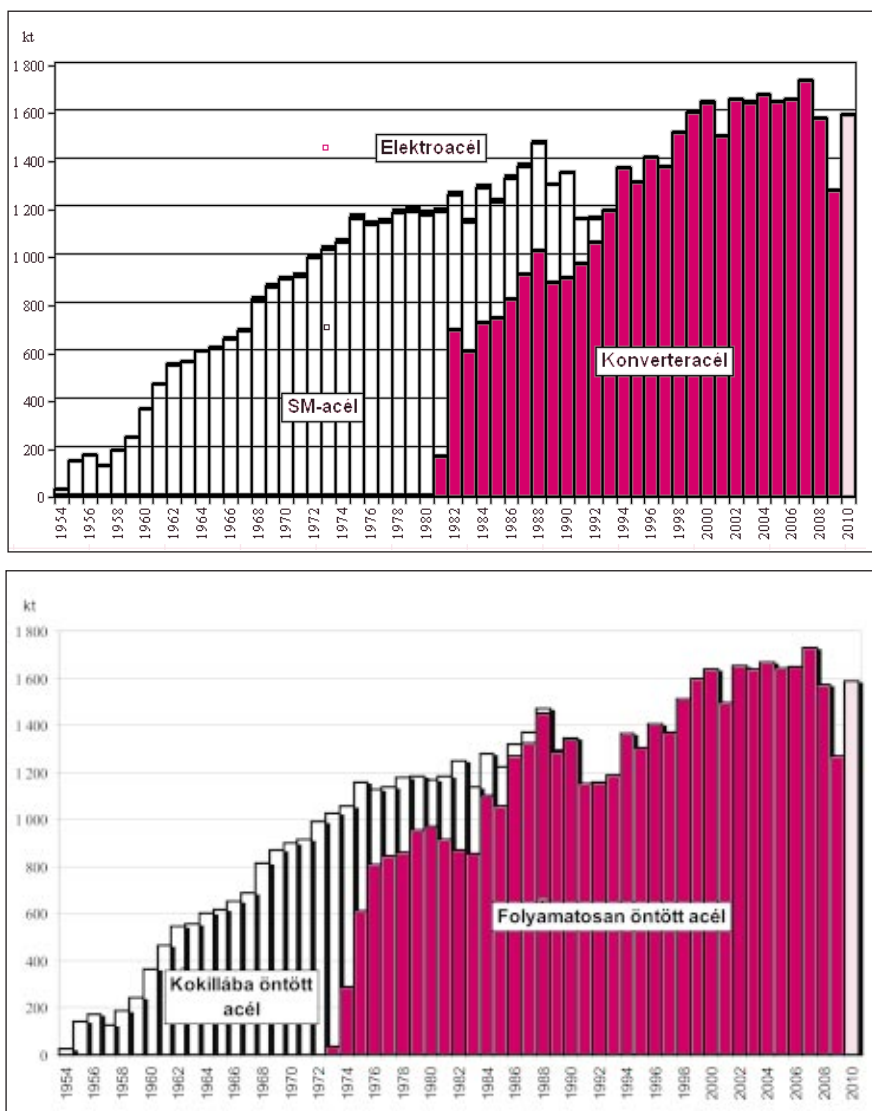


■ **Sebestyén János**



■ **1. ábra.** A kocsz- és nyersvasgyártás alakulása





■ 2. ábra. Az acélgyártás és az acélöntés technológiaváltása

rel és a mostoha körülményekkel való küzdelmét sem. 1950-től Sebestyén János helyettese, Borovszky Ambrus volt az, aki a helyszínen irányította a munkásokat. Őt 1953-ban nevezték ki a vasmű vezetőjének. Boró, ahogy a gyár dolgozói és a város lakói nevezték, teljes elkötelezéssel, bátorsággal, minden erejével a gyár és a város boldogulásáért tevékenykedett. 1953 júliusa után, amikor az építkezéseket kormányrendelettel átmenetileg leállították, az állammegővásra kapott pénz egy részét – sokat kockáztatva – a már leszállított gépek beépítésére fordította, így az építés folytatásá-



■ Borovszky Ambrus

nak hivatalos engedélyezése után az eredetileg tervezetthez képest kevés késéssel felépülhettek a gyártóüzemek. Borovszky Ambrus maximálisan támogatta a fejlesztéseket, és a kollektíva munkájához megteremtette a jó feltételeket.

### 3.2 Az első nyersvascsapolástól az alap-vertikum teljes kiépítéséig

1954-től – az első kohó, majd a két acélgyártó kemence üzembe helyezésétől – a termelés és az építkezés párhuzamosan folyt, de fontos, hogy már eközben is lényeges műszaki fejlesztések történtek. A harmadik és negyedik acélgyártó kemence pl. már más, Maerz-konstrukcióban épült meg, a meleghengerműbe pedig az eredetileg tervezett négy helyett öt állványt telepítettek. Ugyanitt 1963-tól a *Répási Gellért* által irányított acélmetallurgiai

fejlesztések lehetővé tették az öntecsek termelékenyebb, gazdaságosabb, ún. egymelegből való kihengerlését. Ebben a munkamódban elmaradt az öntecsek bugává nyújtása után azok lehűtése és újrahevítése.

1965-re minden termékből a tervezettnél többet, így 615 kt acélt, 410 kt melegen hengerelt lemezt, közel 800 kt kocszot és 640 kt nyersvasat termelt a gyár (1–3. ábra).

### 3.3 A termelés dinamikus növelése fejlesztésekkel

1965 után olyan további fejlesztések (Maerz-kemencék átépítése nagyobb betéttérfogatú Maerz-Boelens kemencékké, az acélgyártás oxigénos intenzifikálása stb.) történtek, melyekkel 1970-re sikerült elérni a 900 kt-s acéltermelést, és több mint 900 kt öntecset hengereltek ki. Nem volt tehát szükség a berendezések duplikálására, az építés tervezett II. üteme el is maradhatott.

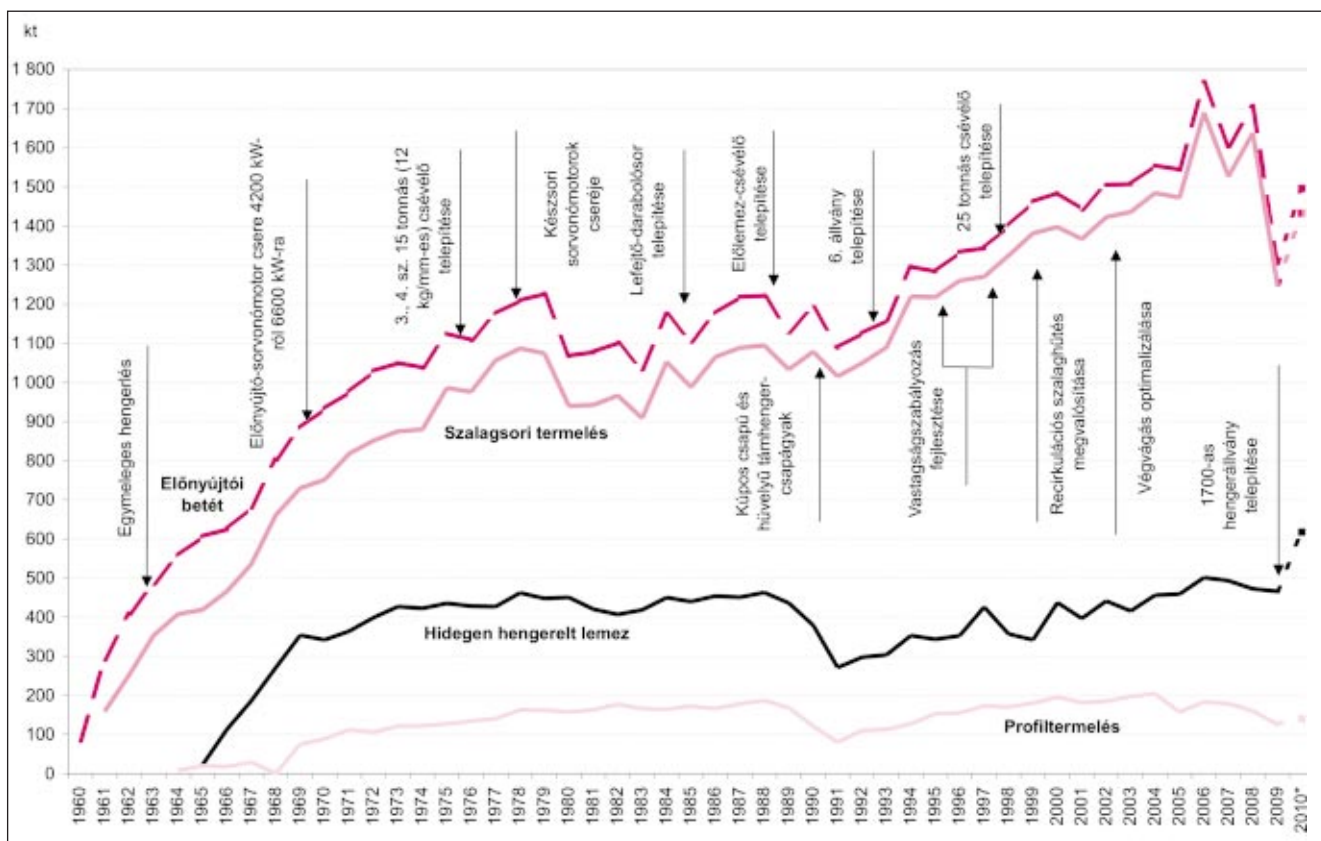
Az 1965-től már üzemelő hideghengermű termelése 350 kt volt.

Az 1970 után megvalósított fejlesztések a termelés további dinamikus növekedését eredményezték. A kohók térfogatának növelése, a folyamatos öntőmű üzembe helyezése, a meleghengermű előnyújtója sorvonó motorjának nagyobb teljesítményűre cserélése után 1976-ban már közel 1200 kt acélt, 1000 kt melegen hengerelt lemezt gyártottak. Ekkorra futott fel a másodtermékek, a spirálisan hegesztett csövek, a nyitott és zárt profilok, valamint a lemezzradiátorok termelése is. A fajlagos anyagkihozatal és az energiafelhasználás is sokat javult (4. ábra).

Borovszky Ambrust nyugdíjba vonulásakor büszkeséggel tölthették el a gyár eredményei, és persze a városban megépült szép létesítmények is. Munkájáért számos kitüntetést kapott, többek között négy alkalommal a Munka Érdemrend arany fokozatát és 1970-ben Állami Díjat.

### 3.4 A '80-as évek fejlesztései, az acélgyártás és acélöntés struktúraváltása

A vezérigazgatói székbe 1976-tól dr. Szabó Ferenc közgazdász került, elmondása szerint sem véletlenül, mert a gazdasági kérdések ekkorra fontossá váltak. Regnálása első harmadában, 1981-ben kezdte meg működését az acélgyártó kon-



■ 3. ábra. A hengerművek főbb fejlesztései, a hengereltárak termelési adatai

verter, de az egyéb feltételek (pl. a koks minősége vagy a nyersvasellátottság) nem voltak jók ennek kihasználásához, és a megleghengermű termelése a vegyes betét (öntecs és folyamatos öntéssel gyártott bramma) miatt nehezen volt programozható.



■ Szabó Ferenc

1983-ban a folyamatos öntőműbe üstfordítókát telepítettek, ezzel megnőtt a kapacitása. A megleghengerműbe 1984-ben – többévi előkészítés után (a szalagsort mentesítendő a táblagyártástól) – különálló lefejtő daraboló sor került.

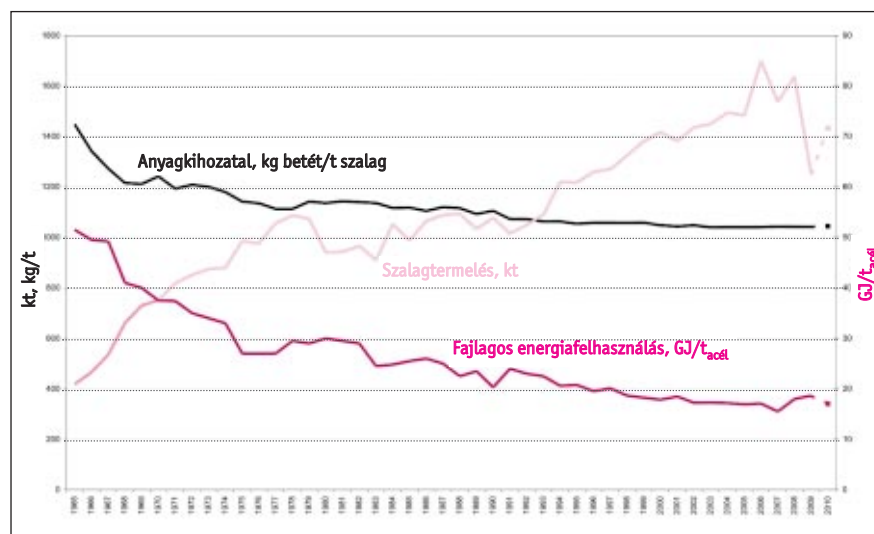
1986-ban lépett üzembe az új koksizoló, amivel együtt dr. Szabó Ferencnek sikerült elérnie a kormánytól, hogy új forrásokat igénybe véve a kohókat alkalmas, jó betéttel lehessen ellátni. Ezzel és az új koksizolóban gyártott száraz oltású kokszzsal több nyersvasat, s így több acélt lehetett gazdaságosan termelni.

Az 1988-ban elért 1486 kt-s acéltermelési csúcst a bekövetkezett recesszió miatt csak tíz év elteltével sikerült túlszár-

nyalni. A vas- és acélgégyártási fejlesztésekkel lényegében 1986-ra az acélöntés, 1993-ra pedig az acélgégyártás struktúraváltása is befejeződött. A gazdaságossági mutatók – az optimálisnál kisebb térfogatú kohók üzemeltetése ellenére is – világszínvonal közelié váltak (2. és 4. ábra).

Nagyleptékű, ambiciózus fejlesztési program készült az 1988–1992 közti időszakra a folyamatos öntést, a megleghen-

gerlést és az acélmetallurgiát érintően. A folyamatos öntőműnél a terv a hűtőrendszer és a kristályosító átalakítását, továbbá PLC-s vezérlés kialakítását tartalmazta. A megleghengerműbe előlemez csévéltő és egy hatodik, új hengeralvány, valamint 25 tonnás lemezcsévéltő beépítését irányozták elő. Napirenden volt az előnyújtó vízszintes állványának cseréje és lemezvastagság-szabályozó telepítése is.



■ 4. ábra. A termelés alakulása, a fajlagos anyag- és energiafelhasználás csökkenése

Az acélgyártásban a konverterbe inertgáz alulról történő fúvatásával az acélok oxigéntartalmának csökkentését, az öntőműben zárt öntési lánc kialakításával az acélbrammák kis zárványtartalmát, homogenitását, repedésmentes jó felületét kívánták biztosítani. A gazdaságilag mostoha években ezeket a fejlesztéseket szerencsére végre is hajtották, csupán a 25 tonnás csévéelő és a lemezzavastagság-szabályzó beruházása késett néhány évet.

Ezeknek, és az 1986–1988 közötti, felülmúlást eredményező fejlesztéseknek nagy szerepe van abban, hogy a mű alkalmassá vált a '90-es évek első felében mélyülő gazdasági recesszió elviselésére, az exportorientált értékesítésre.

Dr. Szabó Ferenc 1991 végén azzal a jó érzéssel mehetett nyugdíjba, hogy vezérigazgatósága első kb. 10 évének küzdelmes tevékenysége 1986–91 között már meghozta gyümölcsét. Alapos, körültekintő munkájával számos más kitüntetés mellett a Munka Érdemrend arany fokozata kitüntetést is kiérdemelte.

### 3.5 Talpon maradás a rendszerváltás után, sikeres kibontakozás a '90-es évek második felében

Horváth István pályázat útján nyerte el a vezérigazgatói beosztást, 1992. január 1-jével nevezték ki. Ez a munka nem volt számára új, hiszen 1989-től fejlesztési igazgatóként ő volt a vezérigazgató helyettese, és kombinát szinten együttműködött azzal a nagy elődöknél fiatalabb, de nem kevésbé felkészült szakembergárdával, akik a '80-as évek második

felében végrehajtott fejlesztéseket irányították, levezényelték. Az új vezérigazgató feladata óriási volt, a kombinát talpon maradásának biztosítása.



■ Horváth István

A magyar gazdaság acéligénye 1990 után drasztikusan visszaesett. A termékeinek évtizedeken át az egynegyedét exportáló vállalat a kényszerből 15–20%-kal csökkentett termékmennyiségének is előbb a felét, majd a már növekvő termelésének közel a 2/3-át kellett hogy exportálja, miközben kapcsolata a volt szocialista országokkal az importra korlátozó-

dott. Az új piacokért meg kellett küzdeni a versenytársakkal. A lemezkombinátokat tekintve kis kapacitású cég ezt nagyobb részt úgy oldotta meg, hogy kis tételű megrendeléseket is elfogadva, a piaci részeket használta ki.

Új piacok megszerzése a nyílt piaci versenyben persze nem volt könnyű. A piacutatás és a jó pénzügyi kapcsolatok kiépítése sok energiát igényelt. A munka eredményeként, a '90-es évek második felében, a Dunafer az ország legnagyobb exportőrévé és második legnagyobb árbevételező cégévé válhatott. Lehetőség nyílt néhány fejlesztésre is, pl. 25 tonnás csévéelő telepítése a hengerműbe, kohói porszívás, az acélöntő gépeknél a szálhűtés intenzívebbé tétele, új üstmetallurgiai kezelőállomás létesítése, meglehetősen lemezzavastagság-szabályozás stb. Pénzügyi problémák persze adódtak, és a nagyobb költséget igénylő fejlesztő beruházásokra nem állt rendelkezésre elegendő tőke.

Mindazonáltal az 50 éves jubileum alkalmából Horváth István a cég 50. évét a szaklapunkban megjelent írásában sikertörténetként aposztrofálta. Megjelölte a siker legfőbb tényezőit is. Kiemelte, hogy a tervezők jó profilválasztása, a gyártóegységek tágas, továbbfejlesztésre lehetőség adó telepítése fontos kiinduló feltétele volt az eredményeknek. A siker nélkülözhetetlen része volt a gyártóberendezések és a gyártási technológiák folyamatos fejlesztése, melynek eredményeként javult a termékek minősége, nőtt

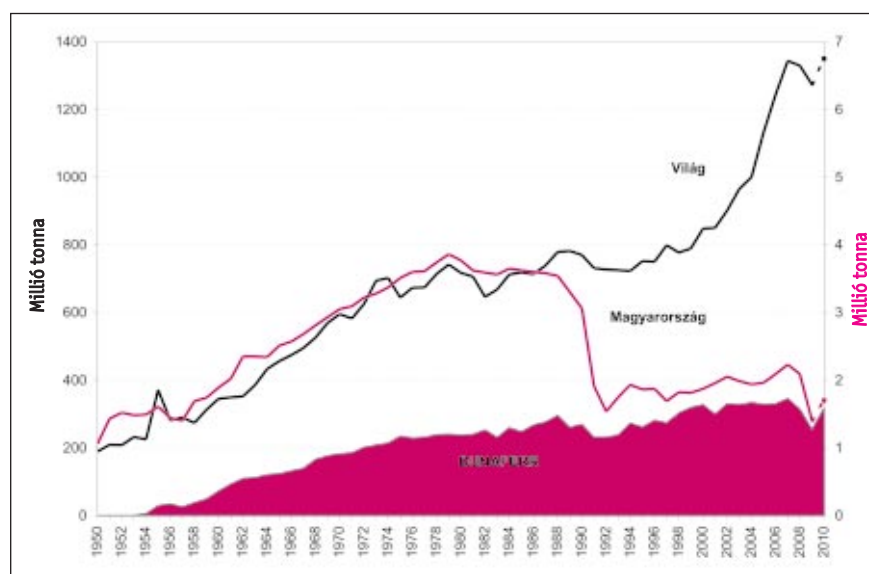
a gyártókapacitás, bővült a termékválaszték és csökkent a vaskohászat gazdaságossága szempontjából oly lényeges fajlagos anyag- és energiafelhasználás. Nagyra értékelte a vezetők és a munkavállalók összefogását, aminek alapján mindig megtalálták azokat a megoldásokat, amelyek kivezettek egy-egy kritikus helyzetből. Nem tévedett abban sem, hogy „cégünk fő erőssége az emberi kapcsolatok szilárdságában rejtett ötven éven át és reméljük, nem lesz ez másképp a jövőben sem”.

Horváth István kiemelkedő munkájáért 1995-ben az Eötvös Lóránd-díjat, 1998-ban a Magyar Köztársaság Tisztekeresztje kitüntetést kapta meg.

Az 50 éves jubileum méltó megünneplése utáni év elején a tulajdonos állam-kormány vezetőváltást hajtott végre.

### 4. Az acélipari termelés általános tendenciái az elmúlt 60 évben

Az eddig vázoltak és a 2000 után történtek jobb megvilágítására készítettük el az 5. ábrát, melyen – célszerű léptéket választva – az 1950–2010 közötti időre a világ, Magyarország és a Dunafer acéltermelési adatait tüntettük fel. Az ábra adatai alapján sok-sok következtetés vonható le. Látható, hogy a világ acéltermelése 1978-ig dinamikusan növekedett, majd 20–25 év stagnálás után, elsősorban Kína acéltermelésének és acélfelhasználásának változása miatt, ugrás-szerűen nőtt.



■ 5. ábra. A világ, Magyarország és a Dunafer acéltermelése



Hazánk acéltermelése 1987-ig hozzávetőleg a világ acéltermelésének ütemében nőtt, részesedésünk a világ acéltermeléséből kb. 0,5% volt (a II. világháború előtt ennél nagyobb volt ez az arány). Ez az eredmény csak úgy volt elérhető, hogy a Dunai Vasművet is megépítették és fejlesztették. Az ábra alapján az is nyilvánvaló, hogy a Dunai Vasmű megépítése nélkül a rendszerváltás után acéliparunk jelentéktelenné vált volna. Az 1. ábra (részben pedig a 2. és 3. ábra) adatai mutatják, hogy Magyarország és a Dunaferri acéltermékeinek értékesíthetőségére a világ acélipari változásainak, a magyar gazdaságban és a világgazdaságban végbemenő változásoknak jelentős hatása volt.

Az 1980-as évek első felének hazai gazdasági problémái még egybe is estek a világ acéliparának stagnálásával. A rendszerváltás éveinek gazdasági recessziója letaglózta a régebben épült kohászati üzemeket, de nagy próbára tette a Dunaferri-t is. A mű kilábalását az állam a beruházási hitelek visszafizetésének átcsoportosításával és egyéb módon is segítette.

A Dunaferri acéltermelése 2000-ig a világ acéltermelésével arányosan változott. Érzékelhető befolyást gyakorolt az acéltermelés mértékére, az acélipar gazdaságosságát pedig jelentősen befolyásolta az acélipar 2001–2003 közötti egyik nagyon erős ciklus válsága, a 2005–2007 közötti évek ugrásszerű konjunktúrája és a 2008-tól indult pénzügyi világválság is.

## 5. Az utolsó 10 év történései

### 5.1 Mély acélipari válság, a privatizáció előkészítése

Tóth László vezérigazgató a legutóbbi acélipari válság mélypontján, 2001–2002 között vezette a vállalatot. A 180 USD/t melegen hengerelt lemeztekerics ár mellett csak veszteséget lehetett termelni, s még dömpingvád is érte a céget. Tóth Lászlónak a bankokat arról kellett meggyőznie, hogy a III. kokszolóblokk és a II. sz. kohó elengedhetetlen felújításához is juttassanak hitelt, mert e nélkül a korábbi adósság visszafizetésének nem lenne



■ Tóth László

esélye. A vállalat kapott hitelt, a kohó felújítása megtörtént, a kokszoló felújítása elkezdődött, majd a 2002-es év közepén kormányhatározat született a cég privatizációjáról.

A tulajdonosváltásig tartó átmeneti időszak levezénylésére Hónig Péter kapott vezérigazgatói megbízást három évre, melyet az elvárások szerint teljesített.

A privatizáció során a tulajdonos magyar állam képviselőiben az Állami Privatizációs és Vagyongazdálkodási Rt. (ÁPV Rt.) járt el. A fő célt nem abban jelölték meg, hogy a cégért magas árat kapjon az állam, hanem olyan vevőt kerestek, aki a Dunaferri hiteleit törleszteni tudja, legalább öt éven át változatlan szinten tartja a foglalkoztatást, és olyan összeget fordít fejlesztésekre, amely biztosítja a gyár hosszú távú működését.

A pályázat győztesével, a DONBASS Ipari Szövetséggel az ÁPV Rt. – a hitelező bankok, a Dunaferri szakszervezete és mások bevonásával – viszonylag hosszú időn át folytatott egyeztetéseket. A részletek tisztázása után a két fél a kitűzött célok elérését biztosító privatizációs szerződést 2004. szeptember 29-én írta alá.

### 5.2 A privatizációtól a 60 éves jubileumig

#### A termelés alakulása

Az új tulajdonos nagy ambícióval látott munkához. Felújították az I. kohót és sor került az I. kokszolóblokk falazatának élet-tartam-növelő átépítésére is.

2007-re, az acélipari konjunktúrának is köszönhetően, majd minden termékből csúcstermelést sikerült elérni. Ekkor kb. 250 kt import bugát is kihengereltek a meleghengerműben. A 2008–2009-ben bekövetkezett válság ugyan visszavetette a termelést, de reményt keltő, hogy 2010-ben a 2000-es évek termelési átlagát ismét sikerül elérni, az értékesebb hidegen hengerelt lemezből pedig túl is szárnyalni.

#### Fejlesztések, fejlesztési igények

A tulajdonos által 2005-ben kinevezett első vezérigazgató, Sushil Trikha a 60. évfor-



■ Hónig Péter

duló alkalmából elmondta: a gyár megvásárlásakor az volt az elképzelés, hogy a vállalat hárommillió tonnás termelési kapacitással, diverzifikáltabb termékskálával meghatározó szereplő legyen a piacon.

Ennek a célnak megfelelő beruházási terv készült, és részben megvalósult, de 2008-ban a közbejött világválság következményeként a fejlesztés megtorpant.

2008-ban a hideghengerműben megépült egy új, 1700 mm-es hengerállvány, mellyel évi 500 kt-ról 1000 kt-ra növelhető a hengerlési kapacitás. Évi 1600 kt-ás kapacitással elkészült egy új, sósavas pácoló, mellyel melegen hengerelt lemezt is lehet kezelni 6 mm-es lemezzvastagságig.

A meleghengerműben felépítettek egy 280 t/h teljesítményű léptetőgerendás acélbramma-izzító kemencét. Telepítettek egy, az eddigi 25 tonnánál nagyobb, 35 tonnás lemezcsevelőt, melyen további három hónapig tartó szerelés után megkezdődhetnek a hidegpróbák. Egy olasz gyártótól már megrendeltek egy 4000 tonnás kvartó előnyújtót, melyet a jelenlegi 2500 tonnás reverzáló előnyújtó helyett terveznek beépíteni. Legyártották már azt a 140 tonnás konverterpáncélt, mellyel 2012 után a mostaninál kevésbé feszített üzemmódban lehet majd évi 1,6–1,7 kt acélt gyártani. Reméljük, hogy a tervek valóra válnak.

Tudjuk persze, hogy a vaskohászat beruházásai nagyon tőkeigényesek, a pénz sosem elég, pedig további inveszálási igények biztosan felmerülnek. A kohókat 2012 táján át kell építeni, a hidegen hengerelt lemez gyártásának felfuttatásához új acélkezelő berendezésekre is szükség lenne, és a környezet védelmét biztosító újabb fejlesztések sem lesznek elodázhatók.

### 5.3 Ünnepség a 60. évfordulón

A kohász hagyományokkal egyezően az új tulajdonos is szükségét érezte a jubileum megünneplésének. Az 50 éves évfordulóhoz hasonlóan most is tartottak szakmai és egyéb rendezvényeket. Ebben a számban is tudósítunk a 60. évforduló jegyében 2010. május 26-án rendezett minőségügyi konferenciáról, melyet a mű vezérigazgatója nyitott meg.



■ Sushil Trikha





■ 1. kép. Borovszky Ambrus emléklakettje



■ 2. kép. Valeriy Naumenko és dr. Szabó Ferenc

A hivatalos, mondhatnánk fő ünnepségre 2010. június 18-án a Dunaújvárosi Főiskola rendezvénycsarnokában került sor. Ide meghívást kaptak a mű egykori vezérigazgatói s azok hozzátartozói, korábbi és jelenlegi szakemberei, a társaságcsoporthoz külföldi és hazai partnerei, a város vezetői és a sajtó képviselői. Megtisztelte a rendezvényt *Dmytro Tkach*, Ukrajna magyarországi rendkívüli és meghatalmazott nagykövete is.

Valeriy Naumenko, az ISD DunaFERR Zrt. vezérigazgatója ünnepi beszédében kiemelte, hogy az elődöket nem feledjük, hiszen elsősorban nekik, több tízezer ember munkájának köszönhetjük, hogy létrejött ez a gyár és vele Dunaújváros is. Rajtunk múlik, hogyan bánunk ezekkel az értékekkel. A mostani nyilván nem az utolsó kerek évforduló, reméljük, 40 év múlva a centenáriumi fogják ünnepelni.

A résztvevők megtekintették az erre az alkalomra készült „Ha él a gyár, él a város” filmetűd ősbemutatóját. A filmben régi filmhíradók bejátszásával adtak bepillantást a múltba, megjelenítették a vasmű teljes vertikumát, bemutatták a város életét s azt, hogy ez az a város, ahol lehet élni, ez az a gyár, ahol érdemes dolgozni.

A filmbemutatót követően köszöntötték a vasmű korábbi vezérigazgatóit, rájuk és az általuk képviselt időszakra emlékeztek. A mű jelenlegi vezetése nevében a személyüket ábrázoló ezüst plakettal ajándékozták meg őket, amelyeket *Friedrich Ferenc* Munkácsy-díjas szobrászművész alkotott. Borovszky Ambrus emléklakettjét (1. kép) szeretett lánya – ahogy apja nevezte, *Pircsike* – vette át. A plakett hátoldalára írt

idézet mindenkire, de Borovszky Ambrusra és a vasmű többi vezérigazgatójára nyomatékosan igaz állítás. A 80. életévét már betöltött dr. Szabó Ferenc és a fiatalabbak az ünnepségen személyesen vehették át Valeriy Naumenko-tól az emléklakettjüket (2. kép).

A hivatalos programot neves művészek produkciói színesítették. Műsoruk után a vendégek a kivetítőn archív filmeket láthattak, és jó hangulatban – étel és ital fogyasztása közben is – eszmét cserélhettek a gyár és a világ dolgairól.

## 6. Jövőkép

A 60. évforduló alkalmával a DunaFERR hetilap interjút készített a mű volt vezérigazgatóival. Érdekes választ adott a két nem dunaújvárosi kötődésű vezérigazgató a riporter által feltett „Hogyan tovább?” kérdésre. Talán nem véletlen, hogy mondataik harmonizálnak Horváth István akkori vezérigazgatónak az 50. évforduló alkalmából kifejtett véleményével.

Hónig Péter a jövőt illetően úgy nyilatkozott, hogy a műszaki tudás és az elkötelezettség szempontjából a DunaFERR-nél soha nem volt probléma. Ha egy vállalat dolgozóinak szaktudása megvan és állandóan fejlődik, a termékei jók, a minőség kiemelkedő, akkor van jövője. Szívhez közelálló koncepció az, ha egy vállalat a minőséget javítja. Az utóbbi években végrehajtott fejlesztések ebbe az irányba mutatnak.

Sushil Triha ugyanerre a kérdésre válaszolva elmondta, hogy a válság elmúltával a piacok felerősödnek, s ennek a piacnak részesei kívánnak lenni kapacitásunk teljes kihasználásával. Meg kell őrizni és

tovább is szeretnék javítani gyártmányaik minőségét. Az üzemek és a bennük dolgozók is alkalmasak ennek megvalósítására, ebben egy pillanatra sem kételkedik. A végső cél az emberek életminőségének javulása, a DunaFERR az itt élőknek ezt biztosítja.

Jobb zárshó nem lehet a jubileum alkalmával, szívből kívánjuk, hogy így legyen!

## Utószó

Jubileumi visszatekintő írásunkban – célunkkal egyezően – csak nagyon vázlatosan tekintettük át a 60 év történetét. Sok, általunk is jelentősnek ítélt fejlesztésről nem írtunk, és számos terület (pl. a karbantartás, a minőségbiztosítás stb.) tevékenységét nem is érintettük. A részletes ismertetésre a hivatkozott 50 éves jubileumi kiadványokban és néhány, azóta megjelent írásban került sor.

A vezérigazgatók tevékenységének méltatásán túl másokat nem említettünk név szerint. Belátható, hogy több száz, sőt több ezer, kiváló teljesítményt nyújtott egykori és még aktív vasműves esetében nem vállalhattuk fel, hogy valahol mi húzzuk meg a határt, hiszen írásunk korlátozott terjedelme miatt ezt óhatatlanul meg kellett volna tenni. Kritikai észrevételeket sem tettünk, és tartózkodtunk a minősítés jellegű állásfoglalástól is.

Megelégedéssel és örömmel írtunk viszont a jó eredményekről és a sikerekről. Ez érthető, hiszen a dunaújvárosiaknak a gyár a mindenképp, és nagyon szorítunk azért, hogy minél többen, még nagyon sokáig a Vasműben munkálkodva boldoguljanak.

## OMBKE klubdélután az Iparkamara székházában

Március 25-én az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Dunaújvárosi Szervezete programjának megfelelően két szakmai előadást hallhattak az érdeklődők a Dunaújvárosi Kereskedelmi és Iparkamara székházának konferenciatermében. Elsőként *Kopasz László*, a Magyar Tűzhorganyozók Szövetsége nevében szólott (1. kép). Előadásában a tűzhorganyzás műszaki alapjairól, rövid történetéről beszélt. Kitért a fémek korróziójára, majd bemutatta a fémfelületek bevonatos védelmének legfontosabb eljárásait. Szerencsésnek ítélte, hogy a Sandelin-effektus szerint legjobban horganyozható szilíciummentes acélok ( $Si_{max} = 0,03\%$ ) mennyisége a Dunafer gyártmánystruktúrájában folyamatosan növekszik. Ismertette az MSZ EN 10436-os szabvány szerinti további horganyozható acélminőségeket is.

Előadásának további részében az érdeklődők megismerhették a nedves és száraz eljárás technológiai folyamatait, s néhány speciális horganyzó berendezést is láthattak (centrifugál, cső- és huzalhorganyzó). Végül a Dunafer horganyzási tevékenységének történetét vázolta fel és bemutatta a cég folytatólagos horganyzó berendezését.

Befejezésül a Magyar Tűzhorganyozók Szövetségének tagvállalataival és a szövetség működésének néhány vonatkozásával ismerkedhettek meg a megjelentek.

A klubdélután második előadását *Márfy János* (társszerzők: *dr. Pallósi József*, *Bocz András*), az Anyagvizsgáló és Kalibráló Laboratóriumok Igazgatóságának fejlesztőmérnöke tartotta a nemrégiben bevezetett spektrométeres nitrogéntartalom meghatározásról (2. kép). Bemutatta a korábban alkalmazott elégetéssel (LECO, Horiba), majd az újonnan kifejlesztett és ma már üzemszerűen működő szinképlelemzés (OES) metódust.

A berendezés telepítésével együtt módosították a mintaelőkészítést is, és az elemzési eredményeket etalonokkal vették össze, majd a kalibrációs görbe felvétele után meggyőződtek a mérési eredmények pontosságáról. A tavaly augusztus



■ 1. kép. Kopasz László előadása

tusi eredményes tesztvizsgálatokat követően került sor az új vizsgálati módszer üzemszerű bevezetésére. Előadásának végén az alábbiakban foglalta össze az új módszer előnyeit: olcsó, gyors, pontos, kontrollálható.

Az előadáshoz felkért hozzászólóként *Józsa Róbert*, a Technológiai Igazgatóság Metallurgiafejlesztési Főosztályának vezetője a praktikus előnyt abban jelölte meg, hogy a bevezetett módszer lehetőséget ad az acélgyártási technológia egyes részfolyamataiban az acél nitrogéntartamának nyomon követésére, amelyre eddig nem volt lehetőség.

Az új módszer bevezetése óta eltelt időszak nitrogén-elemzési értékeit mutatta be háromféle gyártási csoportosításban. A bemuta-

tott nitrogéneloszlások reprezentálták, hogy a vállalat által gyártott acélok az új elemzési metodikának is köszönhetően már jól megfelelnek a nemzetközi szerkezeti és kazánlemez szabványok által megkövetelt nitrogéntartalom előírásoknak.

*J. R.*



■ 2. kép. Márfy János az új elemzési módszerről beszél

## Tizenöt éves a Dunafer Alkotói Alapítvány

Az OMBKE Dunaújvárosi Helyi Szervezetének hagyományai szerint a tavaszi utolsó klubnapon a vállalat beruházási, karbantartási és fejlesztési tevékenységét veszik számba. A témához szorosan kapcsolódva a Dunafer Alkotói Alapítvány ezen a rendezvényen díjazza a különféle pályázataira beadott alkotásokat, illetve ismeri el a kiemelkedő műszaki és gazdasági tevékenységet végző alkotók munkáját.

A tavaszi program utolsó felvonásaként először *Lukács Péter* PhD, az ISD Dunafer Zrt. stratégiai műszaki vezérigazgató-helyettese ismertette a Vasmű 2009-es beruházási tevékenységének fő tendenciáit (1. kép). Kifejtette, hogy a vállalat vezetése nem adta fel nagyszabású fejlesztési terveit, csak a válság miatt a megkezdett beruházások nem az eredeti ütemterv szerint, hanem némi csúszással valósulhatnak meg.

Az előadást követően *Jakab Sándor* (2. kép), a Dunafer Alkotói Alapítvány titkára köszöntötte a klubdelután résztvevőit, majd felkérte *Lukács Pétert*, az alapítvány elnökét, hogy adja át az idei pályázat díjait.

A Dunafer Dunai Vasmű Rt., a szellemi tőke hatékonyabb hasznosítására, az értékes szellemi alkotótevékenység erkölcsi-anyagi elismeréséhez a feltételek megteremtése és folyamatos biztosítása érdekében hozta létre a Dunafer Alkotói Alapítványt. Az alapítvány az elmúlt 15 évben beváltotta a hozzá fűzött reményeket, felkarolta a szakmához kapcsolódó tudományok művelőit, hozzájárulva ezzel a gyár és a város szellemi gazdagodásához.

Az alapítvány pályázati rendszerének egyik eleme az Alkotói Nívódíj egyéni és csoportos kategóriánkénti adományozása évenként. A kiemelkedő, színvonalas publikációk szerzői Szakmai Publikációért Nívódíj elismerést kapnak. A folyamatosan magas színvonalú műszaki-szakmai tevékenységet végzők erkölcsi elismerését az alapítvány a Dunafer Tanácsosa és a Dunafer Főtanácsosa cím odaítélésével jutalmazza.

Az idei évben hetvenötven pályáztak a



■ 1. kép. Dr. Lukács Péter PhD előadását tartja

Dunafer Szakmai Publikációért Nívódíjra, tízen pedig a Dunafer Főtanácsosa címmel. Népes hallgatóság előtt (3. kép) a Dunafer Főtanácsosa címet vehette át *Nagy György*, a DWA Kft. volt ügyvezető igazgatója és *Tóth László*, a Nagyolvasztómű nyugállományú gyárvezetője, az OMBKE dunaújvárosi szervezetének volt elnöke.

A Dunafer Szakmai Publikációért Nívódíj harmadik fokozatát kapta *Szente Tünde* az Innováció a térségben című munkájáért. A Szakmai Publikációért Nívódíj második fokozatát *Bocz András*, dr.



■ 2. kép. Jakab Sándor, az alapítvány titkára

*Horváth Ákos*, *Narancsik Zsolt* és dr. *Sebő Sándor* közösen vehette át.

A Szakmai Publikációért Nívódíj első fokozatát közösen benyújtott pályázatkért *Illés Péter*, *Kemeléné Halasi Mónika* és *Varga József* nyerte el.

Az idei évben különdíjat is kiadott az Alkotói Alapítvány. A különdíjat negyvenhat saját publikációt tartalmazó összeállításáért dr. *Pallósi Józsefnek* ítélték. A szerzők dolgozataikban leírt tevékenysége tényleges gazdasági hasznot eredményezett a vállalatcsoport számára.

*J. R.*



■ 3. kép. A klubdelután résztvevők

## A versenyképesség záloga: minőség és innováció

Az ISD Dunafer Zrt. versenyképességének megőrzését napjainkban csak minőségi termékek és szolgáltatások nyújtásával lehet elérni. Ezt a filozófiát megerősítendő az ISD Dunafer Zrt. 2010. május 26-án minőségügyi szakmai napot rendezett a Dunaújvárosi Főiskola konferenciatermében. A szervezők célja az volt, hogy információkat és válaszokat kapjanak a következő kérdésre: mi segítheti, erősítheti a vállalatok versenyképességének megőrzését, milyen minőségi elvárásokkal kell szembenézni?!

A szakmai nap első blokkjában a vasmű 60 évének minőségügyi fejlődéséről esett szó. *Valeriy Naumenko* vezérigazgató (1. kép) köszöntőjében leszögezte: a piacon maradás kulcsa egyértelműen az, ha kiváló minőségű, a felhasználók igényeit kielégítő termékekkel jelenünk meg a piacon. Ehhez az szükséges, hogy minden munkavállalóban tudatosodjon a minőségi munkavégzés fontossága.

*Hevesiné Kővári Éva* minőségügyi és környezetvédelmi igazgató múltidézése nyomán a hallgatóság végigkövethette, hogy a vállalat termékeinek fejlődésével párhuzamosan miként változtak a minőségügyi elvárások. A Dunai Vasmű termékfejlesztése a felhasználói igényekhez igazodva, az integrált acélgyártási technológiára jellemző egymásra épüléssel, és az itt dolgozók szakmai kreativitásával valósultak meg. A dinamikus termékfejlesztéssel a vállalati minőségügyi rendszerek fej-

lődése lépést tartott, ezt bizonyította az a tény is, hogy Magyarország első húsz minőségbiztosítási rendszertanúsítással rendelkező cége közül tizenhárom dunaferres leányvállalat volt.

*Zrupkó János*, a Det Norske Veritas Magyarország Kft. ügyvezető igazgatója a 18 évre visszatekintő szakmai kapcsolat legfontosabb elemeit, állomásait mutatta be előadásában.

A második blokkban a hallgatóság a minőségügyi elvárásokról, trendekről kapott ízelítőt. *Rózsa András* az ISO 9000 Fórum elnökeként azzal kezdte előadását, hogy az ISO 9000 Fórum tizenhat éve dunaújvárosi székhellyel alakult meg. A továbbiakban arra vállalkozott, hogy a jelenlegi minőségügyi helyzetképet, trendet elemezze. Véleménye szerint paradigmaváltásra lenne szükség a minőség szemléletben, melyhez egy nemzetgazdasági szinten megfogalmazott nemzeti minőségpolitika és minőségfejlesztési program is kellene.

*Czibere Gábor*, az ÉMI-TÜV SÜD Kft. vezető auditora az iparban elvárt megfelelőségi vizsgálatokról, az EU-direktívák követelményeiről és a vasmű terméktanúsításairól tartott előadást.

*Hete Gabriella*, a Nemzeti Akkreditáló Testület minőségirányítási vezetője a testület feladatait, szerepkörét ismertette. Rávilágított az akkreditálási követelményekre, a NAT nemzetközi kapcsolataira, elismertségére.

A harmadik blokkban az acéltermékek felhasználói kaptak szót. Az igazi megmérettetés mindig a vevők, a felhasználók véleményének tükrében történik. Napjainkban a minőség az érdekelt felek elégedettségét, értékítéletét jelenti, ennek fényében pedig igen fontos a felhasználóipar igényeinek, elvárásainak pontos ismerete.

A szakmai nap keretében *Markó Péter*, a MAGÉSZ elnöke az acélszerkezet-gyártó szakma, *Kopasz László*, a Magyar Tűzhorganyzók Szövetségének vezetőségi tagja a horganyzóipar, *Tátrai Zsuzsanna*, a T & T Quality Kft. ügyvezetője pedig a járműipar elvárásairól beszélt előadásában.

*Dr. Tardy Pál*, a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés műszaki igazgatóhelyettese a hazai acélipar jelenlegi helyzetét, az iparág előtt álló kihívásokat vázolta fel, egyaránt számba véve az erősségeket, a gyengeségeket és a fejlődés lehetséges irányait is.

A program zárszavában *Bocz András*, az OMBKE helyi szervezetének elnöke (2. kép) kiemelte: minden résztvevő számára hasznos, tartalmas programot sikerült összeállítani a szervezőknek. Kifejezte reményét, hogy a Minőség Éve a vállalat életében nem egyszeri kampányakció. Hangsúlyozta, ha mindenki komolyan veszi saját feladatait, akkor a minőség évtizedei következhetnek az ISD Dunafer Zrt. jövőjében.

 *Hevesiné Kővári Éva*



■ 1. kép. Valeriy Naumenko köszöntője



■ 2. kép. Bocz András zárszava



## Kihelyezett tanszék alakul Dunaújvárosban

2010. szeptember 17-19-e között immár negyedik alkalommal szervezte meg az MMKM Kohászati Múzeuma, a Miskolci Egyetem, az MTA Miskolci Területi Bizottsága és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Egyetemi Osztálya Miskolcon és Újmassán a Fazola-napok rendezvénysorozatát, amely a térség kohászati hagyományainak ápolását, népszerűsítését tűzte ki célul. A háromnapos igényes program sokszínűen mutatta be szakmáink múltját, jelenét és jövőjét. A rendezvénysorozathoz kapcsolódó szakmai konferenciát „Energia és környezet 2010” címmel a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának szervezésében hirdették meg (1. kép).

Délután egy jubileumi kiállítás várta résztvevőket a kohászati múzeumban, majd a napot szakestély zárta.

A második és harmadik nap helyszíne a szokások szerint az őskohó térsége volt, ahol ismét megrendezték a kovácsok ver-

senyét és tiszteletbeli kohászt avattak.

A Fazola-napok első napján, szeptember 17-én került sor a Miskolci Egyetem és az ISD Dunafer Zrt. közötti együttműködési megállapodás aláírására. A szerződést az egyetem képviseletében *dr. Patkó Gyula* rektor és *dr. Gács Zoltán*, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja, a vállalat nevében *Serhiy Klyuchkin* humánerőforrás vezérigazgató-helyettes és *Lukács Péter* PhD stratégiai műszaki vezérigazgató-helyettes látta el kézjeggyével (2. kép).

Az együttműködési megállapodás szerint 2011. január 1-jétől Metallurgiai (ISD Dunafer) Kihelyezett Intézeti Tanszék kezd meg a működését az ISD Dunafer Zrt. telephelyén Dunaújvárosban a társaság anyagi hozzájárulásával. A kihelyezett tanszék létrehozása és az eddigi kutatási együttműködés megújítása a jövő anyagmérnökeinek magasabb színvonalú képzését szolgálja.

A szerződés keretében az anyagmérnök

hallgatók gyakorlati képzésében vállal kiemelkedő szerepet a kohászati nagyvállalat. A hallgatók szakmai kirándulások és termelési gyakorlat keretében ismerhetik meg az egyetemen tanult kohászati folyamatokat a gyakorlatban. A vállalat szakemberei gyakorlati tudásuk átadásával segíthetik a diákok diplomatervezését, részt vesznek a hallgatók gyakorlati oktatásában és a doktori képzés ipari háttérének biztosításában. Az együttműködés által a Dunafer jobban felkészült, a helyi viszonyokat már az egyetemi oktatás időszakában megismerő anyagmérnökökkel biztosíthatja szakmai utánpótlását.

A közös kutatások lehetőséget nyújtanak az EU által támogatott kutatási projekteken való közös részvételre olyan témákban, amelyek tökéletesíthetik a vállalat technológiai folyamatait, javíthatják a termékek minőségét és a gyártási folyamatok gazdaságosságát.

*J. R.*



■ 1. kép. A konferencia résztvevői



■ 2. kép. A szerződés aláírásának ünnepélyes pillanatai

## A Dunafer technológiájával ismerkedtek a miskolci egyetemisták

Harmincnegy fős delegációval érkeztek vállalatunkhoz október 27-én a Miskolci Egyetem Anyagmérnöki Karának hallgatói. A másod- és harmadéves BSc, ill. a negyedéves MSc képzésben tanuló diákokkal együtt érkeztek az egyetemen működő Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola PhD képzésben résztvevő doktorandusz hallgatói is. Meg-

tisztelte a programot jelenlétével *dr. Károly Gyula* és *dr. Kékesi Tamás* professzor, akik az egyetemen a kohászati tantárgyak oktatását jegyzik. Elkísérte a képlekenyalakítás-tan leendő művelőit *dr. Zupkó István* egyetemi docens és *Puskás Csaba* tanszéki mérnök. A metallurgus csapatot *dr. Márkus Róbert* egyetemi tanársegéd erősítette, aki az LD-konverter-

nél kísérte a látogatókat. A program szervezésében kiemelkedő szerepet játszott, valamint a folyamatos öntés szakmai kérdéseiben konzultált *Harcsik Béla* doktorandusz. A kétnapos szakmai látogatást a Technológiai Igazgatóság koordinálta.

A program első napján a diákok és kísérőik először gyárlátogatáson vettek részt. A metallurgusok a meleg- és hideghen-



■ **1. kép.** Az érdeklődő látogatók az LD-konverter pódiumán



■ **2. kép.** Lukács Péter PhD, Mádlné dr. Maár Ilona, dr. Károly Gyula



■ **3. kép.** Ismerkedés a folyamatos acélöntőmű kristályosítójával

gerlés technológiájával, a képlékenyalakítók az acélgártás és a folyamatos öntés berendezéseivel ismerkedtek (1. kép). A látogatók kérdéseire az LD-acélműben Horváth István és Józsa Róbert, az öntőműben Bárdi Zoltán és Krausz Zoltán, a meleghengerműben Portászs Attila és Kemeléné Halasi Mónika, a hideghengerműben Fodor Ádám kohómérnökök válaszoltak. A Duna étteremben elfogyasztott ebéd után a miskolci delegáció a Humán Intézet 105-ös termében a gyár menedzsmentjének képviselőivel találkozott. A delegáció tagjait Serhiy Klyuchkin és Lukács Péter PhD vezérigazgató-helyettesek, valamint Mádlné dr. Maár Ilona igazgató asszony és Kismonyi László főosztályvezető fogadta. A gyárlátogatásban érintett művek és igazgatóságok képviselőiben megjelent Móger Róbert termelésvezető-helyettes a Nagyolvasztóműből, Mihalik Sándor üzemgazdasági vezető az Acélműből, Lontai Attila gyárvezető a Meleghengerműből, Méző Péter műszaki és termelési

si vezető a Hideghengerműből és Szabados Ottó igazgató az Innovációs Igazgatóságról.

Lukács Péter PhD köszöntője után Mádlné dr. Maár Ilona tájékoztatta a fiatalokat az ISD Dunafer Zrt. pályakezdő mérnökökkel szembeni elvárásairól. Dr. Károly Gyula hozzászólásában emlékeztetett a vállalat és az egyetem által szeptember 17-én Miskolcon aláírt együttműködési megállapodásra, amely a kutatás és a képzés területén is szorosabbra kívánja fűzni a felek kapcsolatait (2. kép). A szerződés keretében lehetőség nyílik Dunaújvárosban egy kihelyezett tanszék létrehozására, amely elsősorban a hallgatók gyakorlati képzésében kap kiemelt szerepet. Dr. Kékesi Tamás, mint egykori acélgártó, szívesen jött Dunaújvárosba, a szakok átstrukturálódásáról beszélt. A tájékoztatók után a diákok kérdezhettek a vasműs elhelyezkedési lehetőségekről. Majercsák László és Tihanyi Tamás kérdéseire a megjelent vezetők

adtak kielégítő választ, amelyben ismét kinyilvánították, hogy a vállalat eredményes működéséhez szükség van jól képzett, idegen nyelveket az alkalmazás szintjén jól beszélő fiatal mérnökökre. A rendezvény után a vendégek elfoglalták a főiskolai kollégiumban lévő szállásait, majd délután először praktizáló mérnökökkel, az esti órákban pedig egy „czéczó” keretében a Dunaújvárosi Főiskola hallgatóival találkoztak.

Másnap a program gyárlátogatással folytatódott. Ezúttal a metallurgusok az acélművet és a folyamatos acélöntőművet (3. kép), a technológusok a hengerművet nézték meg. A gyártóművi programok után a vendégek tájékoztatást kaptak az Innovációs Igazgatóság munkájáról. A volt Kutató Intézetben Szabados Ottó és dr. Csepeli Zsolt vezetésével végigjárhatták az igazgatóság laboratóriumait, vizsgálóhelyeit. A szakmai program a délutáni órákban ért véget.

**J. R.**

## MEGHÍVÓ

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Budapesti Helyi Szervezete a hagyományoknak megfelelően

### LUCA-NAPI SZAKESTÉLYT

szervez, melyre a tagtársakat ezúton meghívjuk. A szakestély során lehetőség nyílik éneklésre, eszegetésre és poharazgatásra, valamint tanulságos történetek elmesélésére, anekdotázgatásra is. Mindenkit arra bátorítunk, hogy amennyiben ilyen humoros történetet ismer, azt ezen az estén ossza meg velünk és mesélje el.

A szakestély időpontja: 2010. december 13. hétfő du. 17.00 óra.

#### FIGYELEM! ÚJ HELYSZÍN:

1065 Budapest, Podmaniczky u. 8. (közel a Nyugati pályaudvarhoz, az Óbudai Egyetem Bánki Donát Kollégiumában)

Résztvételi díj: 1000 Ft

A helyszínen kupavásárlásra is lehetőség van.

**dr. Réger Mihály**  
a helyi szervezet titkára

**dr. Csirikusz József**  
a helyi szervezet elnöke

MEZZÖLNÉ SINKA TÜNDE – DÚL JENŐ

## Növelt szilárdságú gömbgrafitos vasöntvény előállítása

*A dolgozat tárgya a növelt szilárdságú gömbgrafitos öntöttvas tulajdonságait befolyásoló tényezők hatásának vizsgálata annak érdekében, hogy az ilyen tulajdonságú öntvényeket megbízhatóan állíthassuk elő, a leggyakoribb és elkerülendő hibákat kiküszöböljük. A bemutatott eredmények a Busch-Hungária Kft.-től származnak egy jármű futóművébe szerelendő alkatrész gyártásának kísérleti és fejlesztési szakaszából. A féknyeregéből vett mintákat a Miskolci Egyetemen és a Busch-Hungária Kft. laboratóriumában vizsgáltuk.*

### 1. Bevezetés

A tömegcsökkentés érdekében a járműipar a biztonsági öntvényalkatrészek gyártóitól a nagy szilárdság ( $R_m$ ,  $R_{p0,2}$ ,  $E_0$ ) mellett a szabványoshoz képest nagyobb nyúlást ( $A_5$ ) vár el. Ezeket a tulajdonságokat az öntvényből kimunkált szakítópálcán mérve követelik meg. Ilyen termék a Busch-Hungária Kft. által előállított féknyereg-öntvény, melyet EN-GJS 650-6 anyagminőségből kell gyártani.

A dolgozat összefoglalja ennek vevői specifikáció szerint módosított gyártásának metallurgiai viszonyait, és áttekintést nyújt a leggyakoribb metallurgiai hibákról.

A nagy szilárdságú, szívós gömbgrafitos vasöntvény üzembiztos gyártásához a metallurgiai és gyártástechnológiai paraméterek rendkívül szűk tartománya tartozik, melyet csak szisztematikus kísérleti program szerint lehet optimalizálni. Ezen öntvények gyártásakor különös figyelmet kell fordítani a nyersanyagok kiválasztására, erős felügyelet kell az olvasztási fázisban.

A megfelelő fémkezelési eljárás előírásainak betartása jelentheti csak a hibák megelőzésének módját.

A vizsgált gömbgrafitos vasöntvény leggyakoribb hibája az előírtnál kisebb szilárdság, melynek oka egyrészt a zsugoradási porozitás kialakulása, ami a formázóanyaggal, a tápfejekkel és a táplálórendszerrel hozható kapcsolatba, másrészt az olvadék nem megfelelő metallurgiai minősége, ami pedig a betétanyagoktól, az olvasztási technológiától és az olvadékezeléstől függően változik [1].

A kísérleti gyártás során végzett üzemi vizsgálatokat kiegészítettük a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán végzett mikroszerkezeti vizsgálatokkal, és ezek alapján határoztuk meg a metallurgiai folyamatok optimális értékeit.

### 2. Növelt szilárdságú gömbgrafitos öntöttvas üzemi előállítása

Az olvasztás 8,5 tonna befogadóképességű indukciós kemencékben történik. A betét

nyersvasból, acélhulladékból, visszatérő hulladékból és felkarbonizáló anyagokból áll.

Az alapvas összetételét ARL 3460 spektrométerrel elemeztük, hőmérsékletét Keller und Heraus DigiTemp típusú bemártó piro-méterrel mértük. A 8,5 tonnás adagokat egy 70 tonna kapacitású, ASEA gyártmányú csatornás indukciós hőtartó kemencébe öntik át, ahol minden kezelésre kivett adag összetételét spektrométeres vizsgálattal ellenőrzik. Az öntési adag 2 tonna tömegű, a gömbösítő kezelést Tundish-üstben végzik. Kezelés után az üstöt targoncával viszik a formázósorhoz, ahol lesalakolják, hőmérsékletet mérnek, majd a benne levő fémét átöntik a 2,5 t kapacitású, Junker gyártmányú öntőgépbe. Átöntés után ismét salakolnak és hőmérsékletet mérnek. A beoltás öntés közben, a fém sugarba való porlasztással történik. Egy-egy adagot a gömbösítő kezelés után 12 percen belül leöntenek.

#### 2.1 A vevő követelményei a termékkel kapcsolatban

A termékre előírt anyagminőség EN-GJS-600-6 mod. azzal a kikötéssel, hogy a szövetben a perlit > 60%, a karbid < 1% legyen.

A nagy szilárdsági értékek mellett a szabványoshoz képest nagyobb nyúlást az öntvényből 4 helyről kimunkált, 6 mm átmérőjű szakítópálcán mérve kell elérni. Ehhez biztosítani kell az öntvény porozitástól és egyéb metallurgiai hibáktól való mentességét. Az üzembiztos, ingadozásoktól mentes gyártáshoz erős felügyeletet kell biztosítani mind formázáskor, mind pedig az olvasztási és kezelési folyamatok végzésekor.

#### 2.2 Kritikus pontok a gyártás során

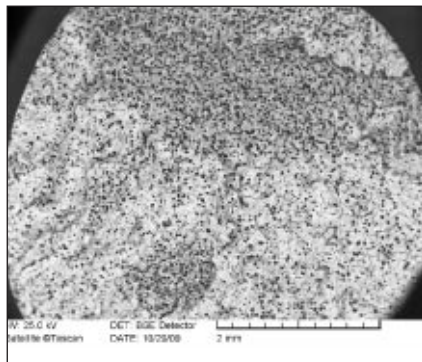
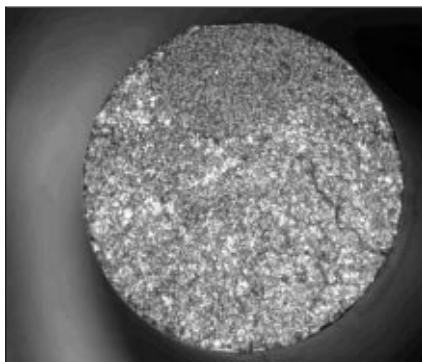
##### 2.2.1 Alapanyagok

Az adott anyagminőség előállításának kísérleti fázisában hamar rá kellett jönnünk, hogy az előírt követelmények teljesítése ál-

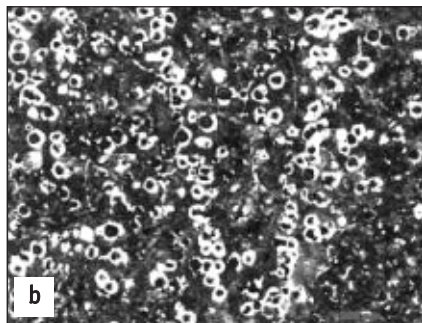
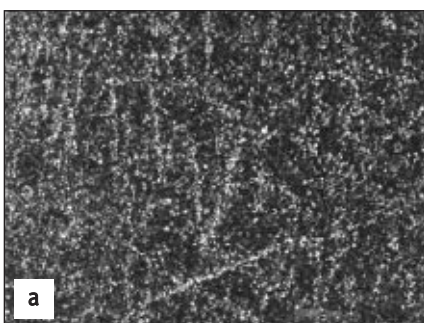
*Mezzölné Sinka Tünde 1999-ben szerzett műszaki menedzser diplomát a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán, majd 2001-ben öntő szakirányos kohómérnöki oklevelet a Miskolci Egyetem Anyag- és Kohómérnöki Karán. 2001-ben a RÁBA Rt. gömbgrafitos öntödéjében gyártástervező technológus mérnök, majd az AKG Zrt. acél- és gömbgrafitos öntödéjében kutatási-fejlesztési és technológiai osztályvezető. 2009-től a Busch-Hungária Kft. minőségbiztosítási vezetője, 2010-től a kutatás-fejlesztés vezetője. 2001-től a Miskolci Egyetem Kerpely Antal Doktori Iskola keretein belül PhD képzésben vesz részt, témavezetője dr. Dúl Jenő. Szakterülete a gömbgrafitos öntvénygyártás, kutatási témája a nagyszilárdságú gömbgrafitos öntvények előállítása.*

*Dr. Dúl Jenő életrajzát a BKL Kohászat 2009. 5. számában közzétettük.*

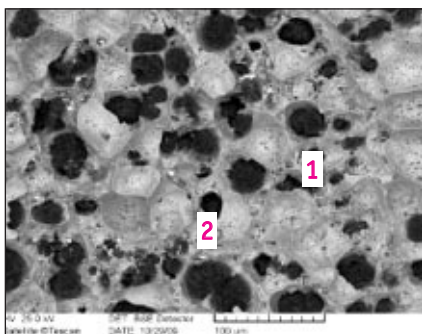




■ **1. ábra.** A hibás öntvényből kimunkált szakítópálca sötét foltos töretfelülete



■ **2. ábra.** Soros grafitkiválás a hibás rész csiszolatán. a: N = 50x, b: N = 100x



■ **3. ábra.** A sötét folton található ritkaföldfém-tartalmú zárványok

landó összetételű, nagy tisztaságú alapvasat kíván, így az alapanyag-beszállítóink felé nekünk is emelt szintű követelményeket kellett támasztani. Amíg ez nem valósult meg, addig az elvárt kémiai összetétel ugyan teljesült, de a mechanikai vizsgálat értékei nagy ingadozást mutattak, és nem volt kézben tartható a folyamat [6].

Ez az anyagminőség kizárólag tiszta és állandó összetételű betétalkotók felhasználásával gyártható üzembiztosan. A felhasznált alap- és segédanyagok állandóságát jól működő idegenáru-ellenőrzéssel és egy stabil minőségbiztosítási rendszer működtetésével lehet megvalósítani. Nem bizonyított összetételű betétalkotót semmi esetre sem szabad felhasználni. Előfordul-

hat, hogy még bizonyított összetételű hulladékba is belekerülhet a bálázás során olyan szennyező, mely lecsökkenti a szívsági és szilárdsági tulajdonságokat.

Az adagvezetések és a kezelések folyamatos kontrollja és dokumentációja elengedhetetlen az anyagminőség gyártástechnológiájának kifejlesztése során, de a folyamatos, ingadozásoktól mentes üzemmenethez is nélkülözhetetlen. A kísérleti fázisban a szokásosnál több ellenőrzési pont felállítása szükséges, a gyártással kapcsolatos minden tevékenységet részletesen dokumentálni kell, és egy szakmai, keresztfunkciós projektteam napi konzultációja is szükségesnek látszik.

A kísérleti gyártás során az öntvényből a kijelölt helyeken kivett szakítópálcák vizsgálati eredményei jellegzetes eltérést mutattak. Az öntési helyzet szerint az öntvény alsó részéből kimunkált szakítópálcákkal az előírt értékek teljesültek, a felső részen kimunkáltakon a nyúlás az elvártnál kisebb volt. Az öntvény öntési helyzetének megváltoztatása esetén ugyanilyen különbséget tapasztaltunk, ebben az esetben is a felső részen nem teljesültek az elvárt jellemzők.

#### 2.2.2 Kezelés és salakolás

A felső részből kimunkált szakítópálcák töretén jelentős kiterjedésű sötét foltot fi-

gyelhetünk meg a hibás öntvényeknél. A töretfelületről készített makrofelvételeket az 1. ábrán mutatjuk be.

A törésfelületen a sötét folton síkba rendeződött grafitos felületet figyelhetünk meg.

A hibás részről mikroszkópos csiszolatot készítettünk, melyen soros jellegű grafitkiválást figyelhetünk meg (2. ábra) [3] [4].

A töretfelületről raszter elektronmikroszkópos felvételeket is készítettünk, és az inhomogenitásokat scanning elektronmikroszkópos vizsgálattal elemeztük. A felvételt a 3. ábrán mutatjuk be, a bejelölt pontokban az összetételt pedig az 1. táblázat tartalmazza.

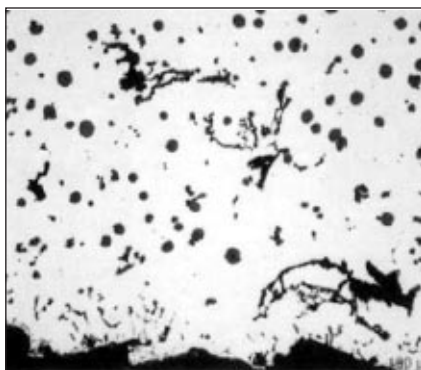
**1. táblázat.** A 3. ábrán bejelölt pontok összetétele

Összetétel, %	1. pont	2. pont
Mg	1,25	1,73
Si	1,76	1,44
S	14,03	19,83
La	25,61	32,05
Ce	12,4	16,24
Pr	0,00	1,43
Mn	0,00	0,00
Fe	43,43	24,12

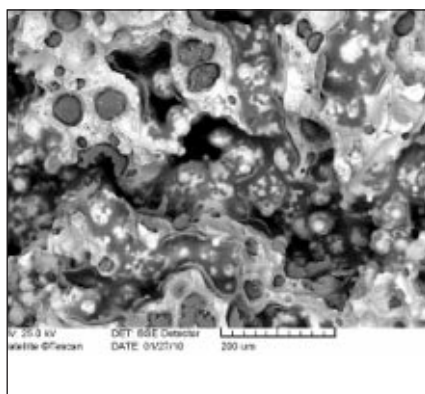
A réteges jellegű grafitkiválás az olvadék és a salak reakciójának a következménye. Az inhomogenitás oka a salakos-szemetes olvadék, ami az öntökemencében lévő maradék olvadékhoz öntött, új kezeléskből származó olvadék által bemosódó, bekeveredő salak miatt jön létre a nagyobb ritkaföldfém-tartalmú, reakcióképes olvadékkal reagálva. Ez teszi bizonytalanná (néha jó, máskor rossz irányban) a gyártást. A salakbejutás feltétele és a salak eloszlása eltérő az öntvény alsó és felső részén, ezért eltérő a szakítóvizsgálat eredménye is a helyi viszonyoktól függően alul és felül. A ritkaföldfémek és zárványaik dúsulnak a maradék olvadékban, és az öntvény megszilárdulása közben annak belsejében fordulnak elő nagyobb mennyiségben. Ez dúulás és nem felúszás.

A jó eredményt mutató szakítópórápálcákban is benne van a nagyobb perlités ritkaföldfémzárvány-tartalmú folt, de nincs benne soros (réteges jellegű) grafit. A magnéziumos kezelőanyag és a beoltás az olvadék tulajdonságait (reakcióképességet) változtatja meg. Ez valószínűleg segít a hiba csökkentésében, de nem oldja meg a problémát. A hiba teljes kiküszöbölése a

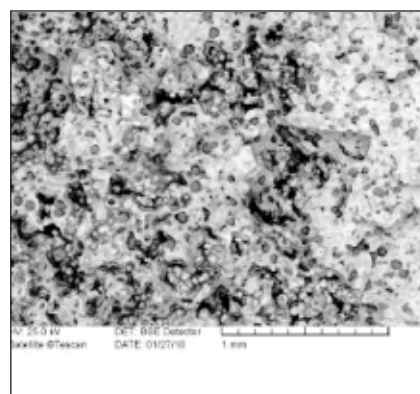




■ 4. ábra. Salakzárványok a hibás rész csiszolatán, N = 100x



■ 5. ábra. Szívódási porozitás a szakadási felületen



salak bekeveredésének megszüntetésétől várható, ha az üzembiztosan megoldható [3], [4], [7].

Erre sajátos, a Tundish-üstben való kezeléshez illeszkedő többlépcsős salakeltávolítást alkalmazunk, melynek időpontját és időtartamát ki kellett kísérletezni. Másrészt optimalizálni kellett a gömbösítő kezelést, beleértve a kezelőanyag típusát, szemcseméretét és mennyiségét [5].

A kezelés paramétereit kéttonnás adagoként, a hőntartó kemence utolsó kémiai analízise alapján, számítógépes programmal határozza meg az olvasztásvezető. A program számol a csapolási hőmérséklet ingadozásával, korrigálja a kihozatalt, így a kezelőanyag mennyiségét a várható kihozatal függvényében. A korrekció alapja a tapasztalati úton, hosszas adatgyűjtéssel létrehozott adatbázis, mely speciálisan a Bush-Hungária Kft. kezelési eljárására jellemző. Jó minőségű, kevés oxigént és kén-t tartalmazó alapvas esetében a kezelőanyag mennyiségét jelentősen csökkenteni lehet, így a kezelés mellékterméke, a salak és a magnéziumzárványok mennyisége is jelentősen csökkent.

Rontották a szilárdsági tulajdonságokat a 4. ábrán látható salakzárványok is, amelyek az alkalmazott habkerámia szűrő ellenére bejutottak a formaüregbe.

Helyes kezelési és öntési hőmérséklet alkalmazásával, a kezelőanyag mennyiségének redukálásával, valamint a többlépcsős salakeltávolítás bevezetésével bejutásuk megakadályozható lett [5], [7]. Más esetben a salakzárványok keletkezésének oka lehet még a formában fellépő turbulens áramlás vagy a ritkaföldfémek felúszulása is.

### 2.2.3 Formázás- és táplálástechnika

A leggyakrabban előforduló hibák közé tar-

tozik az öntészetben a szívódás és a porozitás (5. ábra). A nagy szilárdságú anyagok szívódási hajlama nagyobb. A hiba oka egyrészt a táplálásban, ill. a formázási paraméterekben keresendő, másrészt pedig az olvadék kezelésének körülményeitől és metallurgiai minőségétől függ [1]. A hiba az alábbi felsorolás tényezőinek felülvizsgálatával szüntethető meg:

- elégtelen formaszilárdság, mely dilataciót okoz;
- elégtelen fémútántáplálás, helytelen táplálórendszer;
- túl sok magnézium;
- kis karbonegyenérték;
- alul- vagy felüloltás.

Ezen okok közül behatóan foglalkozunk a táplálórendszer méretezésével [1]. Az alkalmazott táplálórendszer tapasztalatunk szerint akkor jó, ha az olvadék turbulens áramlásoktól mentesen tölti meg a formaüreget, a salakot szűrő tartja vissza, és az alkalmazott tápfej nem szigetelő, hanem hőt leadó. Szerszámtervezéskor hagyjunk helyet az esetleges későbbi változtatásoknak. Sok időt és energiát takarítunk meg, ha szimulációval ellenőrizzük a tervezési fázisban a töltési és dermedési viszonyokat.

### 3. Összefoglalás

Összegezve tehát az alábbiak azok a legfontosabb tényezők, amelyeknek figyelembevétele elengedhetetlen a nagy szilárdságú és nagy szívósságú gömbgrafitos öntvények gyártásakor:

- nagy tisztaságú, bizonylatolt betétalkotók, alap- és segédanyagok használata;
- optimális táplálástechnika, gondos szerszámtervezés, formatöltés- és dermedésszimuláció;
- jó olvadékminőség (alapvas) elérése

megfelelő olvasztástechnológia és adagvezetés alkalmazásával;

- a túlhevítés hőmérsékletének ellenőrzése, a hőntartás minimalizálása, ezek hatásainak figyelembevétele;
- optimális kezelési paraméterek beállítása az alapvas összetételének és az alkalmazandó kezelési eljárásnak a függvényében;
- a Tundish-üstben való kezeléskor adagolt gömbösítő kezelőanyag típusának gondos kiválasztása és mennyiségének meghatározása az alapvas kéntartalmának és a végpróbából elemzett visszamaradó magnéziumtartalomnak a függvényében. Ez feltételezi, hogy az alapvas kémiai összetétele közel állandó, és a gömbösítő eljárás magnéziumkihozatala és reakciófaktora is csak adott határok között változik. Fontos a szükséges visszamaradó magnézium mennyiségének a meghatározása és a gömbösítő ötvözet túlادagolásának elkerülése, amely egy alacsony, állandó kéntartalom betartásával biztosítható. Ezáltal csökkentjük a salak képződésének lehetőségét is;
- megfelelő salakkezelés. A magnéziumos kezelés célja, hogy a grafit gömb alakban való kristályosodásának elősegítésére a gömbösítő anyag reakcióba lépjen az olvadékban levő kénnel és oxigénnel. A kezelés közben melléktermékek keletkeznek. Ezek az olvadékban többféle formában vannak jelen, pl. magnéziumos salakképződmények, oxid- és szulfidzárványok. Mivel felülszási sebességük más és más, több lépcsőből álló salakeltávolítási eljárás alkalmazása szükséges a kezelés során fellépő reakciók jellegétől függően;
- anyagminőségtől és öntvényalaktól függő kezelési és öntési hőmérséklet beállítása.

## Irodalom

- [1] N. T. R. Downes – R. D. Duque – S. Kannan: Ten Steps to Improving Casting Yield in Ductile Iron Foundries. Ductile Irons Society, Issue No. 2, 2005
- [2] T. Skaland: Developments in Cast Iron Metallurgical Treatments. ELKEM ASA Research, Kristiansand, Norway, évsz. n.
- [3] C. M. Ecob: A Review of Common Metallurgical Defects in Ductile Cast Iron. ELKEM AS, Foundry Products Division, évsz. n.
- [4] G. M. Goodrich: Cast Iron Microstructure Anomalies and Their Causes. AFS Transactions, pp.669-683
- [5] E. Jepsen – V. Popovski: Magnesium Recovery and Addition Rate in Tundish-Treated Ductile Iron. Ductile Iron News, 2007, Issue Nr. 3
- [6] I. Riposan – M. Chisamere – S. Stan – N. Adam: Influencing Factors on the High Purity Pig Iron-Steel Scrap Optimum Ratio in Ductile Iron Production. Ductile Iron News, 2004, Issue Nr. 2
- [7] Partition of Slag Phases in the Treatment and Pouring of Ductile Iron. Elkem Technical Information, 2004, Issue Nr. 24

## PILISSY LAJOS

# Adalék a szilumin nemesítését feltaláló, magyar születésű Pacz Aladár munkásságához

A szerző újabb kutatásai alapján korrigálja és kiegészíti 1991. évi dolgozatának megállapításait.

Az, hogy Pacz Aladár munkásságával immáron másodízben foglalkozom, mindkét esetben a véletlen műve volt. Verő professzor Fémek technológiája c. tantárgyának előadása során a sziluminokkal (alumínium-szilícium ötvözetek), pontosabban ezek olvadáknemesítésével kapcsolatban megemlítette, hogy annak feltalálóját a magyar Pacz Aladár volt. Ezt tehát tudtam, de semmi többet. Nem is törődtem a témával – mint a sziluminok technológiájának kutatásával foglalkozó szakember –, míg a Giesserei c. folyóirat 1971. évi 25. számában E. Dunkel tollából az „50 éves a szilumin – egy műszaki-történeti visszapillantás” c. cikket el nem olvastam. Ebben ugyan túlsúlytalán a szilumin németországi történetével foglalkozott, de annak az apropóján megemlítette, hogy „a magyar születésű Pacz Aladár... 1920. február 13-án jelentette be az USA-ban – a már korábban is ismert, de a gyakorlatban alig használható alumínium-szilícium ötvözetek – nátrium-fluoridos szövetfinomítására vonatkozó találmányát”, és ezzel elindította az alumíniumöntészetben máig döntő fontosságú ötvözetcsoporthoz vezető útját. Pacz Aladár úttörő zsenialitásából semmit sem von le, hogy feltehetően a jelenséget ismerte fel, de a mechanizmusát

nem, és hogy stronciummal és antimonnal is nemesítenek, méghozzá tartósan.

Sok jeles elődünk – Jakóby László, dr. Széki János, dr. Náray-Szabó István – tudott Pacz Aladár világjelentőségű szabadalmáról, de csak az említés szintjén. Sziszifuszi munkával ezért nekiláttam – mint Vaskut-as – a Fémkut általam jól ismert könyvtárában meglévő Chemical Abstracts évfolyamainak – a biztonság kedvéért kezelem 1910-től 1940-ig – kijegyzeteléséhez Pacz munkásságát illetően. A Chemical Abstracts a világ legnagyobb – az USA Ohio államának Columbus-ában kiadott – referáló lapja a kohászat egészét is referálta, még a magyar nyelvű anyagokat is. A munka nagyságát jellemzi, hogy egy-egy évfolyam több ezer oldal volt. Szerencsémre szolgált, hogy a Fémkut könyvtára – amely jobb volt a Vaskuténál – rendelkezett az előbb említett archív évfolyamokkal is. A könyvtárban ugyan fellelhetők voltak a németek referáló lapjának, a Chemisches Zentralblattnak a szükséges évfolyamai is, amelyek a kohászatot szintén referálták, de ez korántsem volt oly alapos és teljes, mint az amerikai referáló lap. Így ez sok hasznomra nem volt. Így sikerült felkutatnom Pacz Aladár közel 100 szabadalmát egy hihetetlenül széles szakterületről, de egyetlen szakdolgozatát sem találtam meg.

Úgy vélem, itt két dologról kell megemlékezni – ma már ez is technikatörténet

–, hogy pályám során 15 évig voltam a Fémkut kutatója (1950–1965). Másrészt meg kell emlékezni a Fémkut első igazgatóhelyetteséről, dr. vitéz Lányi Béláról, akinek az egyetemi tanszékén, az Elektrokémián kb. másfél évet volt szerencsém eltölteni, mert a Fehérvári úti kutatókomplexum még sehol sem volt, vagy csak épülőben. Lányi professzor tanított meg minket, fiatal kutatókat, hogy egy téma nem a kísérleti munkával kezdődik, hanem a témakör irodalmának felkutatásával, mert szavait idézve: „Nem szabad arra időt és pénzt fecseirelni, amit mások már feltaláltak vagy felkutatnak”. Ez a tanítás ma is érvényes, csak a mai informatika világában ez számítógéppel sokkal gyorsabban elvégezhető, feltéve, ha az archív anyagokat is felvitték a számítógépre.

Így született meg a Pacz Aladár munkásságáról szóló első dolgozatom a találmány 70 éves jubileumára, amely a BKL Öntöde 42. évfolyam (1991. május-június) 5–6. számának 97–104. oldalán „A titokzatos és zseniális Pacz Aladár, az alumínium-formaöntészet megteremtője” címmel jelent meg. Ez az anyag kivonatosan elhangzott a IX. Nyomásos és Fémöntészeti Napokon és az Öntészeti Szakosztály Öntészettörténeti és Múzeumi Szakcsoportjában is. Másodközlésként „Pacz Aladár, az USA-ban élt hazánk fia, a világhírű feltaláló” a Tanulmányok a természettudományok, a technika és az orvoslás kö-

réből c. MTESZ 2001. évi kiadványának 289–294. oldalán is napvilágot látott. Ennek ezévi rendezvényén előadásként is elhangzott.

Tekintettel arra, hogy az Öntöde 1991. évfolyama nem mindenkinek áll rendelkezésére, megkísérlem első publikációm mondanivalóját röviden összefoglalni. Pacz életének részletei ismeretlenek, nem tudjuk, hogy mikor és hol született és halt meg. Nem tudjuk, mikor távozott Németországba, majd innét az USA-ba. Fő érdeklődési és munkálkodási területe az alumínium volt (Al-kohászat, Al-Si stb. ötvözetek, nemesítés, korrózióvédelem, felületkezelés), de behatóan foglalkozott a volfrám kémiájával és technológiájával is. Minden kutatási eredményét csak szabadalom formájában tette közzé, dolgozatot soha nem publikált. Feltehetően csak a pénz érdekelte. Munkatársat soha nem említ, pedig fantasztikusan széleskörű tevékenységében nyilván voltak társai.

Mostani dolgozatomat is a véletlen szülte. Jó egy éve szorgosan látogatom és kutatom a Magyar Országos Levéltár őbudai modernkori részlegét. Itteni munkám célja, mint hajdani magnéziumosnak, a magnéziumkohászat és -öntészet licenciákon alapuló kezdeteinek a felderítése. Ugyanez vonatkozik az alumínium-formaöntészet dokumentált kezdeteinek a felkutatására is, mert ezeket a munkálatakat még senki sem végezte el. Céлом kideríteni, hogy a két magyar óriás cég, a Weiss Manfréd Művek és a Magyar Állami Vas-, Acél- és Gépgyár (MÁVAG) mikor és milyen cégektől vette meg a szükséges licenciákat. Miként folyt az alumínium- és magnéziumöntvények gyártása a II. világháború alatti nem jelentéktelen hazai repülőgépgyártás céljaira, a Dunai Repülőgépgyár Rt. részére. Van, amit megtaláltam, van, amit nem, de nem adom fel. A levéltári kutatómunka nagyon fárasztó, aprólékos és időt rabló. A licenciák anyaga tipikus kereskedelmi és jogi szöveg, ami tőlünk, műszakiaktól távol áll.

A műszaki problémákat legfeljebb csak a függelékekben említik meg. Ez is esetleges, az érintett korabeli szabadalmak címének, a bejelentés időpontjának, számának megadásával. Ezért kénytelen voltam munkámat a Magyar Szabadalmi Hivatalra is kiterjeszteni. Itt az olvasóterem készséges dolgozóinak segítségével meg is találtam minden hazai és külföldi korabeli szabadalmat, amire szükségem volt.

Megjelent 1931. évi május hó 1-én.

MAGYAR KIRÁLYI

SZABADALMI BÍRÓSÁG

# SZABADALMI LEIRÁS

87034. SZÁM — XVI/c. OSZTÁLY.

Alumíniumötvözet.

Pacz Aladár Cleveland Heights.

A bejelentés napja 1920. évi december hó 4-ike. E. A. E. Á.-beli elsőbbsége 1920. évi február hó 13-ika.

A jelen találmány ötvözetekre, különösen olyan fémek előállítására vonatkozik, melyeknek csekély fajsúly mellett az eddig ismert és forgalombahozott ötvözeteknél nagyobb szilárdsággal kell bírniuk.

Egési motorok forgattyúszerkezeinek és dugattyúinak, járművek fenéklapjainak, sárhányóinak és lépőlapjainak, szivótisztítók tokjainak, gépek és modellek részeinek, tárcsakerekeknek és konyhaeszközöknek gyártásánál s egyéb alkalmazási módok egész soránál olyan fémöntvény használatát kívánatos, mely csekély fajsúly és jó megmunkálhatóság mellett kiváló szilárdságával tűnik ki. Az eddig leginkább ismert és használt ilyen ötvözet az ún. „12 sz. fém”, mely kb. 92% alumíniumot, 8% rézet s néha még egy kevés vasat is tartalmaz. Ezen fém húzási szilárdsága rendszerint 1150–1250 kg pr. cm<sup>2</sup> 1–1,5% nyúlás mellett s alkatrészeinek mai ára (alumínium 33 et és réz 20 et fontonként) mellett tonnánként kb. 640,— dollárba kerül.

A jelen találmány olyan ötvözet előállítására vonatkozik, mely legalább oly könnyen önthető, mint bármely más ismert alumíniumötvözet, de hőtágulási együtthatója emezekénél kisebb s a lehétkor kevésbé zsugorodik; húzási szilárdsága és nyúlása nagyobb, mint bármely más azonos fajsúlyú alumíniumötvözet; könnyen megmunkálható, az eddigiekénél olcsóbb s tág hőmérsékhatárok közt önthető. A találmány további részletei és előnyei a következő ismertetésből tűnnek ki.

A találmány szerinti ötvözet jellegzetes, hogy 80%-nál több alumíniumot és 40% legálább 5% silíciumot tartalmaz, mely

alkatrészekhez egyéb fémeknek pl. vasnak kis mennyiségei is járulhatnak; az adalékfémek mennyisége azonban célszerűen ne haladja meg az összsúly 2%-át. Az utóbb említett fémek jelenléte vagy hiánya azonban nem lényeges része az alumíniumnak, melynek sarkpontja az alumíniumnak az említett aránylag nagy mennyiségű silíciummal való egyesítésében áll, továbbá abban, hogy az ötvözet kb. 7:1 arányban tartalmazza az alumíniumot és silíciumot, tekintet nélkül arra, hogy kis mennyiségű egyéb adalék van-e jelen vagy nem, noha minden olyan ötvözet, melynek silícium tartalma 8–15% használhatóan bizonyult. Eddig azt vélték, hogy az alumínium nem tud több silíciumot felvenni, mint kb. 0,5%-ot; találmányom ezen balhítt megdönti, amennyiben eljárásom szerint a fent említett aránylag nagy mennyiségű silíciumot lehetséges az alumíniumba bevenni.

Az új ötvözetet célszerűen úgy állítjuk elő, hogy kereskedelmi alumíniumot összeolvasztunk kb. 10% fertőzmenyt, főleg kovácsavat, karborundot, vassilícidet, alumíniumot, calciumsilícidet és vasat tartalmazó kereskedelmi fémsilíciummal; először ez utóbbi 1 súlyrészét 4 s. r. alumíniummal tégelyben beömlesztjük, s ha az adag jól megömlött, átöntjük egy más tégelybe vagy tömlőformába, hogy a tégely falára kéreg alakjában lerakódó tisztatlanságok elkülönítenek. Ezen fémelegyhez már most további alumíniumot adunk 25–30% közti arányban; ha 25%-nál kevesebb alumíniumot adagolnánk, a termék ridegebb lesz, míg 50%-nál több alumínium hozzákeverése a terméket lágyabbá teszi; természetesen ezen számha-

## 1. kép. Pacz Aladár 87.034. sz. hazai, alapvető szabadalmának első oldala

Egyik alkalommal nagy meglepetés ért, amikor véletlenül rákérdeztem, hogy van-e Pacz Aladártól magyar szabadalmuk. A számítógép meglepetésemre pillanatok alatt kidobott öt Pacz-szabadalmat, köztük az alumínium-szilícium ötvözetek nemesítésére vonatkozó alapvető szabadalmát is. Meglepetésem azért volt nagy, mert az első Pacz-cikkem írásakor is felkerestem személyesen a Szabadalmi Hivalt. Nekik akkor az anyaguk még nem volt számítógépre víve. A válasz akkor nemleges volt. Ezért írhattam első Pacz Aladárral foglalkozó cikkemben, hogy szülőhazájában soha nem szabadalmaztatott semmit.

Vagyis akkori állításom nem bizonyult igaznak, ezért írtam meg most korrekció- és kiegészítésként a második, Pacz Aladáról szóló cikkemet.

Pacz alapvető jelentőségű szabadalmát 87.034. szám alatt igenis bejelentette hazánkban „Alumíniumötvözet” címen. „A bejelentés napja 1920. december 4. É. A. E. Á. (Észak Amerikai Egyesület Államok)-beli elsőbbsége 1920. február 13.” Tehát nagyon gyorsan lépett nemcsak Németország, hanem hazája irányába is, annak ellenére, hogy 1920-ban a magyar alumíniumöntészet még embrionális formában is csak alig létezett. Szabadalmának magyar



címe (Alumíniumötvözet) már konkrétabb, mert az angol nyelvű lakonikusan csak Alloy (Ötvözet). A két szabadalmi leírás – ti. az amerikai (hivatalos magyar fordítása) és a hazai – szó szerint ugyan nem azonos, de a lényegét illetően igen. Az amerikaiak a terjedelme 21 oldal, míg a magyaré csak szűk két oldal, ami főleg abból ered, hogy az amerikaiak 13 igénypontja van, míg a magyaroknak csak négy. Pacz magyar szabadalmi leírásának első oldala az 1. képen látható.

A szabadalom célja oly alumíniumötvözet előállítás, melynek kisebb a sűrűsége, ugyanakkor nagyobb a szilárdsága mint az általa idézett „12. sz. ötvözet”, amely a 92% alumínium mellett 8% rezet tartalmaz, szakítószilárdsága (átszámítva) 110-120 N/mm<sup>2</sup>, a nyúlása pedig 1,0-1,5%. Ez az ötvözet nálunk – akkoriban német alapokon – Y-ötvözet néven lett ismertté 7-9% réz- és min. 1% vastartalommal. Pacz javasolt ötvözeete belsőégésű motorok forgattyúházainak, dugattyúinak, szivattyúházak, tárcsakerekek és konyhaeszközök gyártására alkalmas. Találománya szerint olyan ötvözet állítható elő, mely jól önthető, kicsi a hőtágulási együtthatója, kevésbé zsugorodik és jól megmunkálható. Ötvözeete 80%-nál több alumíniumot és legalább 5% szilíciumot tartalmaz, kevés vas jelenlétében. Az adalékfémek (szennyezők) ne haladják meg a 2%-ot. Szerinte ideális a 7:1 alumínium:szilícium arány. Leírja, hogy a 8-15% szilíciumtartalmú alumíniumötvözetek jól használhatóknak bizonyultak, pedig eddig úgy vélték, hogy az alumínium nem tud több szilíciumot felvenni, mint kb. 0,5%-ot. „Találmányom ezen balhiedelmet megdöntötte.... Az új ötvözetet úgy állítjuk elő, hogy kereskedelmi alumíniumot összeolvasztunk kb. 10% fertőzvényt /1/, főleg kovasavat, karborundot /SiC/, vassilicidet, calciumsilicidet, alumíniumot és vasat tartalmazó kereskedelmi fémszilíciummal”. Pacz tehát tökéletesen ismerte a korabeli ferroszilícium alkotóit és szennyezőit.

„Először az utóbbi 1 súlyrészét 4 s.r. alumíniummal tégelyben ... Ömlesztjük, átöntjük egy másik tégelybe vagy tömbformába, hogy a tégely falára kéreg alakjában lerakódó tisztátalanságok elkülönítessenek. Ezen fémlevegőhöz már most további alumíniumot adunk 25-30% (a szerző: a 30% nyomdahiba, mert alább 50%-ot említ) ... arányban; ha 25%-nál kevesebb alumíniumot adagolnánk, a termék ride-

gebb lesz, míg 50%-nál több alumínium hozzákeverése a terméket lágyabbá teszi... Rendszerint legcélszerűbb az első fémlevegő 66%-ához kb. 33% alumíniumot adagolni úgy, hogy kb. az említett 7:1 arányú alumínium : szilícium elegy jön létre. Ugyanazon eredményt érjük el, ha az alkatrészeket közvetlenül a végleges arányban ömlesztjük össze, ami azonban gyakorlati szempontból kevésbé ajánlatos, mert a finomításkor (nemesítéskor) lényegesen nagyobb mennyiségeket kellene kezelni.”

„Az így készült ötvözet közvetlenül öntve durvaszemcsés, sötét, kristályos törésű és physikai sajátosságok tekintetében silány; húzási szilárdsága (átszámítva) 10,0-12,5 kg. pr. mm<sup>2</sup>, nyúlása 1,5-1,7% (helyesen 1,25, mert nyomdahiba). Ezért mielőtt az ötvözetet készformába öntenők, a találmány értelmében olvadáspontja feletti hőfokon alkalifluoriddal, pl. natrium-, vagy kalium- vagy lithiumfluoriddal, vagy alkalifluoridon kívül más fluoridot, pl. calcium-, -, barium-, stroncium- vagy magnesiumfluoridot, vagy más sötét tartalmazó, vagy a kezelés közben alkalifluoridot képező sóelegyekkel kezeljük. Célszerű alapanyag gyanánt natriumfluoridot használni oly módon, hogy e porított anyagból a fémsúly legalább 1%-ával egyenlő mennyiséget szénpálca segítségével bekeverünk az olvasztott fémbe, mikor is a fémnatrium elégésére valló sárga láng és sűrű fehér maró füst keletkezik. A keverést erőiesen addig kell folytatni, míg a láng- és füstképződés megszűnik. Ha már most a fém (ki)öntik, a törés már nem durvakristályos és sötét, hanem finomszemcsés, tömött és világos, a physikai sajátosságok is megváltoztak: a húzási szilárdság (átszámítva) pr. mm<sup>2</sup> 16-19,4 kg-ra, a nyúlás 3,5-6,25%-ra emelkedett. Az új ötvözet tehát szilárdabb minden más azonos fajsúlyú anyagnál, teljes 10%-kal könnyebb a „12. sz. fémnél” s az alkatrészek jelenlegi ára mellett tonnánként csak 600 dollárba kerül a „12. sz. fém” 640 dollárjával szemben... Az új fém simán önthető, a megmerevedésnél eléggé tágul ahhoz, hogy a formákat tökéletesen kitöltse, a kihűlésnél kevésbé zsugorodik, mint bármelyik más alumíniumötvözet, hólyagoktól és porusoktól mentes, könnyen megmunkálható és szép tartós fényt vesz fel. Különösen fecskendő öntéshez (Spritzguss) is jól használható... öntésnél pedig hőmérsékletváltozásokkal szemben érzé-

ketlen, ami kereskedelmi öntvényeknél igen előnyös.” „... Az alkalifluoridot sem kell kész állapotban alkalmazni, mert pl. kitűnő eredmények érhetők el natriumclorid és calcium-fluorid elegyével is, más fluoridvegyületek ugyancsak előnyösen alkalmazhatók.”

Érdekes, hogy 2. szabadalmi igénypontjában már Pacz is nemesítésnek nevezi a folyamatot, nem pedig finomításnak. A 3. igénypont szerint a sókeverékeken kívül alkálifémekkel is lehetségesnek tekintti a nemesítést. A 4. igénypontban azt is közli, hogy a kezelőanyag bekeverése után a fém (ki)önteni kell.

Pacz mint úttörő feltaláló a szilumin-nemesítés minden – a későbbiekben gyakorolt (só, sókeverék, fémek) – változatát már ismerteti. A folyamatokat szabadalmában pedánsan leírja, nem úgy, mint a jelenkori szabadalmak, melyek sokszor ködösítenek. Ezeket a tapasztalatokat csak olyan ember írhatta le, aki feltehetően néhány éven keresztül sok száz kísérleti olvasztást végzett és alaposan megfigyelt. (Pacz azt is rögzíti, hogy kezeléskor az alumíniumolvadékot szénpálccal (rúddal) kell keverni, merthogy az acélszerszámból az olvadék káros vasszennyezést vehet fel). Nyelvezete helyenként archaikus, lásd. pl. a fertőzvény, húzási szilárdság, karborund, beömlesztés, megmerevedés stb. kifejezéseket, ez azonban 90 év távlatából érthető. Pacz vegyész letére – kutatómunkája során – hiteles öntővé vált. Leírja azt is, hogy a lezajló folyamatok magyarázatával nem foglalkozik. Ez is természetes, hiszen a múlt század 30-as, sőt még az 50-es éveiben is nemegyszer írta le humorizálva egy-egy szerző, hogy az a papírsúly, melyen különböző szerzők a szilumin-nemesítés elméletét taglalják, az nagyobb, mint az addig leöntött és nemesített sziluminöntvények súlya. (Magam is archaizálok, mert történeti témáról lévén szó, szándékosan a korabeli kifejezéseket használom, pl. a tömeg helyett a súly stb.)

Ez volt tehát Pacz Aladár alapvető szabadalma, amivel beírta nevét az alumíniumipart megalapozó nagy feltalálók sorába. Én pedig ezzel korrigáltam – nem rajtam múló – hibás állításomat, hogy Pacz a távoli USA-ból nem törődött egykori szülőhazájával. Különben a mintegy 100 szabadalma közül – az alább részletesen ismertetetten kívül – még négy szabadalmát védte le hazánkban, mindegyik az alumíniummal kapcsolatos. Ezek a követke-



zők a Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság szabadalmi leírásának sorrendje szerint:

85.997. sz. magyar szabadalom: „Eljárás alumínium kezelésére”, melyben az alumínium kémiai (nem anódizáló) felületkezeléséről van szó. Négy oldal, kilenc igénypont.

86.318. sz. magyar szabadalom: „Eljárás alumínium kezelésére”, kémiai felületkezelésről szól. Három oldal, öt igénypont.

86.319. sz. magyar szabadalom: „Eljárás alumínium kezelésére”, a szilumin kémiai felületkezeléséről van szó. Két oldal, öt igénypont.

101.837. sz. magyar szabadalom: „Eljárás alumínium és alumínium-ötvözetek előállítására”. Három oldal, hat igénypont. Pacz szerint jobb minőségű alumínium vagy ötvözet állítható elő, ha a szokásos nátrium-aluminátos megoldást káliumvegyületek alkalmazásával egészítik ki, vagyis kálium-aluminátot is képeznek a timföld előállítása érdekében. Ezt kiegészíti lítiumsók alkalmazására is (3–5% mennyiségben). E szabadalma nem korlátozódik az alumínium és/vagy ötvözetének elektrolízissel való előállítására, hanem kiterjeszti azt az elektrotermikus eljárásokra is, mikoris Al-Ti, Al-B, Al-Zr és Al-Si ötvözeteket állít elő úgy, hogy az említett alkáliák (hidrát, karbonát) keverékéhez pl. kálium-titanátot, K-Na-titanátot vagy kálium-borátot kever a reakciós keverékbe. Végül levédi a termikusan nemesíthető alumínium-ötvözetek előállítását is az előzőekben ismertetett lehetőségek alkalmazásával. E szabadalomból jól látható, hogy Pacz mennyire a jövőbe látott, és hogy mily komplex módon tudott gondolkodni.

Az alábbi kis táblázatban összefoglalom a részletesen vagy csak címszó sze-

rint ismertetett öt magyar szabadalmának időbeli át(le)futását:

A magyar szabadalom száma	Az USA-beli elsőbbség időpontja	A szabadalom magyarhonon bejelentésének napja	A magyar szabadalom közzétételének napja
87.034.	1920. február 13.	1920. december 4.	1931. május 1.
85.997.	1923. március 7.	1923. április 11.	1931. június 15.
86.318.	1922. május 8.	1923. április 7.	1931. június 1.
86.319.	1922. április 3.	1923. március 28.	1931. június 1.
101.837.q	1928. január 7. Német elsőbbség	1929. január 3.	1931. február 3.

E táblázatból kitűnik, hogy Pacz öt hazai szabadalmát 1920 és 1929 között jelentette be, közülük hármat 1923-ban. Mindig igen gyorsan lépett, mert az USA-beli vagy német elfogadás után hazája hivatalos intézménye irányában 1–12 hónap alatt lépett, de az első alapvető szabadalmával nem egészen 10 hónap alatt. Érdekes az is, hogy az első hazai, alapvető szabadalmát jó 10 év alatt fogadta el (tette közzé) a Magyar Királyi Szabadalmi Bíróság. Úgy vélem, hogy a beadványával, meglehetősen újdonsága miatt, sokáig nem tudtak mit kezdeni. Ellenben a hazánkban utoljára benyújtott találmányát, amely kitaposott úton járva azt alaposan kitágította, már jó két év alatt közzé tették. Különben Pacz-nak mind az öt hazai szabadalma 1931-ben került közlésre, február és június között. Nyilván a négy utolsó hazai szabadalmának elfogadása adott lökést az első elfogadásához, jó 10 évig tartó vacillálás után.

Pacz hazánkban oltalmat kapott öt találmányának fellelése tisztázott néhány korábbi homályt vagy bizonytalanságot: ezek alapján biztossá vált, hogy neve helyesen Pacz, nem pedig Pác. Végzettségét négy hazai szabadalma „mérnök”-nek adja meg, eszerint – összehasonlítások alapján – okl. vegyész-

mérnök volt, nem pedig okl. vegyész. Végül ezt az alkalmat ragadom meg arra,

hogy Pacz Aladárról közzétett első dolgozatomban előforduló néhány hibát korrigáljak, mert ezek ott megtévesztőek vagy félreértésre adnak lehetőséget. Téves szabadalomszámok az Öntöde 1991. évi 5–6. számában:

10. tétel: 1.974.791.,

helyesen: 1.974.971.,

13. tétel: 917.733.,

helyesen: 417.773.,

27. tétel: 380.977.,

helyesen: 380.588.,

49. tétel: 684.151.,

helyesen: 684.158.,

61. tétel: 27.956.,

helyesen: 273.956.,

73. tétel: 303.943.,

helyesen: 302.943., végül a

91. tétel: 598.755.,

helyesen: 598.507.

Az akkori irodalomjegyzékem [15] tétele csonkán jelent meg: „Carzon y Avendano Gábor. Repülőgépipítés anya... (1936) 37–38. old.”, helyesen: Carzon y Avendano Gábor: Repülőgépipítés anyagai. Magyar Mérnök és Építész Egylet Közlönye, LXX. Köt. (1936) 37–38. old.”

A [13] irodalom helyesen: „...VEB Wilhelm Knapp Verlag”. A [14] irodalom helyesen: „...Fachverlag...”

## ■ EGYETEMI HÍREK

A Miskolci Egyetem rektora a Műszaki Anyagtudományi Kar felterjesztése alapján dr. Fegyverneki György okl. kohómérnök munkatársuknak 2010. szeptember 1-jei hatállyal címzetes egyetemi docens címet adományozott a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék oktatási tevékenységében vállalt kiemelkedő munkájáért. A kitüntető cím adományozásáról szóló okle-

velet dr. Patkó Gyula rektor a június 26-án megtartott diplomaátadó ünnepi egyetemi szenátusülésen adta át.

A címzetes egyetemi docensi cím adományozása nem jár együtt oktatói foglalkoztatási jogviszonnyal, az üzemi szakmai munka mellett önként végzett kiemelkedő oktatási tevékenység és együttműködés elismerése, valamint a vezető oktatókkal

szemben támasztott követelményeknek való megfelelés kifejezése.

A kitüntető cím elnyeréséhez szívből gratulálunk, az öntészeti oktatási tevékenység végzéséhez nyújtott segítő közreműködésért ezúton is köszönetet mondunk.

✍ Dúl Jenő

## Őszi szakmai napok

### 3. vasöntészeti szakmai nap

A Magyar Öntészeti Szövetség (MÖSZ) 2010. szeptember 14-én harmadik alkalommal rendezte meg a vasöntészeti szakmai napot a Wescast Hungary Autóipari Zrt. oroszlanói öntödéjében.

A szakmai napon 17 fő vett részt a CSEFÉM Kft., a MIKRO-PULVER Kft., a K+K.-Vas Kft., a CASTING Kft., a Csepel Metall Öntöde Kft., a TP Technoplus Kft., a Szegedi Öntöde Kft., a Mohácsi Vasöntöde Kft. és a Wescast Zrt. alkalmazottai közül.

A résztvevőket *dr. Sohajda József*, a MÖSZ elnöke köszöntötte. Bevezetőjében elmondta, a rendezvény célja, hogy a hazai vasöntödék és érintett háttérpári cégek vezetői megismerhessék a Wescast Zrt. tevékenységét, tájékoztatást kapjanak annak helyzetéről, fejlesztési elképzeléseiről, saját ismereteik segítségével egyeztető megbeszélést folytassanak cégeik és a magyar vasöntészet jelenlegi helyzetéről, elért sikereiről, ismert közös nehézségeiről, a külföldi versenytársak helyzetéről, a jövő hazai vasöntészetének várható alakulásáról és a fejlesztési kényszerekről.

Ezt követően *Simó Ferenc* vezérigazgató adott tájékoztatást a Wescast nemzetközi cégcsoport tevékenységéről és a Wescast Hungary Autóipari Zrt. terveiről, fejlesztési elképzeléseiről.

A következőkben *dr. Zoltay Ákos*, a Magyar Bányászati Szövetség ügyvezető főtít-kára, az Ágazati Párbeszéd Bizottságok munkaadói ügyvivője tartott előadást „A NEPSI (European Network for Silica) rendszer – A kristályos SiO<sub>2</sub> és a kristályos SiO<sub>2</sub>-tartalmú termékek megfelelő kezelése, használata, a kitett személyzet kezelése, nyilvántartási és jelentési kötelezettségek” címmel. Előadását *dr. Hatala Pál*, a MÖSZ ügyvezető igazgatója egészítette ki a magyar öntödékre vonatkozó adatokkal.

Egyebek között elmondta, hogy 15 európai ország kormánya, EU-s szakbizottságok és Ágazati Párbeszéd Bizottságok készítettek útmutatókat, kötöttek szerződéseket 2000 és 2008 között, melyek szerint a felek kiemelt figyelemmel kezelik a munkahelyeken az esetleges szilícium-dioxid ártalomnak kitett dolgozók helyzetét és annak alakulását. Számos iparág vállalko-

zása, így a homokformázást alkalmazó öntödék is a bevéllási kötelezettségek körébe tartoznak. Bár a bevéllás kitöltési útmutatójában megtalálható, mégis fontos kihangsúlyozni, hogy a szilícium-dioxid kitettségekben érintett öntödei munkavállalók a magkészítő üzem, a formázótér, az olvasztómű és az öntvénytisztító részleg dolgozói, továbbá a technológusok, a tervezők, a közvetlen termelésirányítók stb., akik eltérő mértékben bár, de munkaidejük egy részét a vizsgált kitettség alatt töltik.

A hierarchikus felépítésnek megfelelően, mint nemzeti öntészeti szövetség, a MÖSZ 2008 októberében kérte, hogy egy demo-verzió kitöltésével segítsék az érintett hazai öntödék a bevéllási rendszer előkészítését. Az önkéntes bevéllást egyetlen magyar öntöde, nevezetesen a LÖFFLER 2001. Kft. teljesítette. A bevéllási kötelezettség teljesítésében érintett öntödéket egyébként a NEPSI Bizottság – a MÖSZ-CAEF adatszolgáltatási kötelezettségének teljesítése alapján – közvetlenül megkereste.

A vélhetően az utolsó, a 2010-es évre vonatkozó test-verzió kitöltése változatlanul nem lesz kötelező, de erősen ajánlott.

Az előadást követő kötetlen vita és számos hozzászólás után a szakmai nap résztvevői egyetértettek abban, annak érdekében, hogy ne EU-s központi szabályozással élő bevéllási kötelezettség váljék hatályossá 2011-ben, szükséges most már a 2010-es év önkéntes bevéllását mindenkinek elkészíteni. Az önkéntes bevéllások teljesítménye pl. Németországban 82%-os, míg Franciaországban 71%-os volt. Az egyes öntödei bevéllások összesített adatai alapján készült, országjelentésnek is nevezett adatszolgáltatás lesz egyébként publikus.

Az előadás után a résztvevők megnézték a Wescast Zrt. termelő részlegeit, majd a cég vendégeként közös ebéden vettek részt.

A délutáni program is előadással kezdődött a Wescast Zrt. fejlesztési stratégiájáról, az annak részeként működtetett LEAN-öntöde projekt eddigi eredményeiről, és az elkövetkezendő évekre tervezett kapacitásbővítő beruházás tervezett lépéseiről.

A szakmai nap utolsó programpontjaként a résztvevők megbeszélést folytattak

a magyar vasöntészet jelenlegi helyzetéről, elért sikereiről, nehézségeiről, a külföldi versenytársak helyzetéről, a jövő vasöntészetének várható alakulásáról, a fejlesztési kényszerekről. A jelenlévő öntödei vezetők röviden ismertették a rendelkezésük 2008 óta tapasztalt visszaesése következtében kialakult gyártási és értékesítési nehézségeiket, valamint gazdálkodásuk legfontosabb elemeit.

Az egyes cégek adatainak tételről ismeretése helyett összefoglalásként rögzíthetjük azt a tényt, hogy a hazai vasöntödék teljesítménye 2008-hoz, mint bázishoz képest 2009-ben mennyiségben és árbevételben is mintegy 65–75%-ra csökkent, míg 2010-ben, az első féléves stagnálást követően, 2009-hez képest 10–20%-os növekedés tapasztalható.

Fontos és általános tapasztalatként levezethető volt, hogy a hazai vasöntészetben is a több mint két éven át tartó visszaesés közben bekövetkezett alap- és segédanyag áremelkedések, valamint a megrendelők szorult helyzete miatt ma katasztrofálisnak is nevezhető árszínvonalon kell dolgozniuk az öntödéeknek. A piaci helyzet javulásának jelei 2010 második félévében már láthatók, egyrészt a rendelésállomány 15–25%-os növekedésében, másrészt a szállítási ütemezések elhalasztásának megszűnésében. Ezzel együtt jár az a következmény is, hogy a korábbi, kényszerűségből bevezetett 4x8, 3x10, 4x10 stb. óra/héttel jellemezhető munkaidő-beosztások normalizálódtak. A szakmai napon résztvevő öntödek képviselői – eltérő mértékben ugyan, de – valamennyien pozitív eredményű gazdasági évet várnak.

A rendezvényt *dr. Sohajda József* vezette, a szakmai nap házigazdája *Simó Ferenc* vezérigazgató mellett *Szekernyés Zoltán* öntödeigazgató volt.

A résztvevők a rendezvényt fontosnak, az elhangzott információkat értékesnek tartották. Ezt a tényt a MÖSZ elnöke zárszavában külön kiemelte, egyben köszönetet mondott a Wescast Zrt. vezetőinek a kiválóan megszervezett szakmai programért, a részletes üzemlátogatásért és a nagyvonalú vendéglátásért.

*Dr. Hatala Pál*

# Technológia- és gyártmányfejlesztési szakmai nap

„Öntészeti technológia- és gyártmányfejlesztés napjainkban a hazai öntődékben” címmel tartott szakmai napot 2010. szeptember 30-án a Magyarmet Finomöntőde Bt. bicskei gyárában a Magyar Öntészeti Szövetség és a Magyarmet Bt.

A konferencia szervezőinek az volt a szándéka, hogy fórumot biztosítsanak a hazai öntődék technológia- és gyártmányfejlesztőinek, tervezőinek és a fejlesztések megvalósítóinak ahhoz, hogy az eltérő szakterületeken dolgozó szakemberek megismerjék egymás eredményeit, megvitassanak általános érvényű szakmai kérdéseket, és a szakterületükön végzett munkájukhoz korszerű tapasztalatokkal gazdagodhassanak.

A szakmai napon 20 cégtől 29 érdeklődő szakember jelent meg, akiket *dr. Sohajda József*, a MÖSZ elnöke köszöntött. Ezt követően *Győri Imre* ügyvezető igazgató adott tájékoztatást a Magyarmet Bt. tevékenységéről, terveiről.

A szakmai program keretében, mely *dr. Sohajda József* elnökletével zajlott, öt előadás hangzott el:

*Mezőlné Sinka Tünde* (Busch-Hungária Kft.): A metallográfiai kontroll szerepe a gömbgrafitos öntvénygyártás termékfejlesztésében

*Szabó Gábor* (Csepel Metall Kft.):

Nagyméretű dieselmotor turbófeltöltő öntvény gyártástechnológiájának kidolgozása végeselem szimuláció segítségével

*Lakatos Lóránt* (Wescast Zrt.): Anyagportfólió bővítése a Wescastnál

*Dr. Rick Tamás* (Fémalk Zrt.): Költség-hatékony gyártmányfejlesztés a Fémalk Zrt.-ben

*Győri Imre-Pataki János* (Magyarmet Bt.): Jövő formavilága, már ma – avagy Harry Potter csodái.

Tekintettel arra, hogy több előadó jelezte, előadásai publikálásához – azok újszerűsége miatt –, a képviselt társaságuk még nem járult hozzá, ezért azok részletesebb tárgyalásától vagy bemutatásától el kell tekintenünk.

Az előadásokat követően jelenlévők Győri Imre kalauzolásával megtekintették a Magyarmet Bt. termelő részlegeit. Az üzemlátogatás után a cég ebéden látta vendégül a szakmai nap résztvevőit.

*Dr. Sohajda József* zárszavában elmondta, a szakmai nap fiatal előadói kiváló felkészültséggel, imponáló magabiztossággal és tárgyi tudással, kivétel nélkül jó előadói készséggel, kiemelkedően magas színvonalú prezentációs háttérrel biztosítva tartották meg a korszerű technikákat, módszereket, eddig nem publikált, újszerű megoldásokat, elképzelése-

ket tartalmazó előadásait. Az előadásoknak külön érdeme volt, hogy valamennyi előadás konkrét esettanulmány jelleme volt. Az egyes előadásokat követően számos hozzászólás, kérdés hangzott el, melyre az előadók kivétel nélkül színvonalas és elfogadható válaszokat adtak.

A szakmai nap szervezői a rendezvény megtartásával a XX. Magyar Öntőnapok azon határozatának tettek eleget, mely szerint minden olyan évben, amikor nincs öntőnap rendezvény, tartson a MÖSZ olyan szakmai összejöveteleket, amelyek megfelelő színvonalukkal – ha nem is helyettesítik az öntőnapokat –, de hozzájárulnak az öntődék szakmai színvonalának emeléséhez, egyben erősítik a hazai öntődék szakértőinek szakmai összetartozását is.

Külön köszönetet mondott Győri Imrének, a rendezvény házigazdájának, a cég valamennyi munkaterületének részletes és nyitott bemutatásáért, és gratulált az elmúlt évek során végrehajtott fejlesztések sikeres megvalósításához. Végül köszönetet mondott a szakmai nap résztvevőinek nevében a kifogástalan felszereltségű helyszínért és a színvonalas vendéglátásért.

 *Dr. Hatala Pál*

## MÚZEUMI HÍREK

### Megnyílt az Öntődei Múzeum állandó kiállításának újabb részlete

Az 1964-ig üzemelő Ganz-törzsgyári vasöntőde 19. századi öntőcsarnokában működő múzeum állandó kiállításának megújulása során újabb, a Vas- és acélöntészetünk története című kiállításrész megnyitására került sor 2010. július 1-jén.

A megnyitón *Kócziánné dr. Szentpéteri Erzsébet*, az MMKM főigazgatója köszöntötte a szép számmal megjelent érdeklődőt, majd *dr. Sohajda József*, a Magyar Öntészeti Szövetség elnöke, a Csepel Metall Vasöntőde Kft. ügyvezető igazgatója nyitotta meg a kiállítást.

Az új kiállításrész (1. kép) ürügyén engedjenek meg egy rövid visszatekintést a

vas- és acélöntészet történetére, kitérve a bemutatott tárgyakra is.

A ránk maradt tárgyi emlékek – rizsfőző fazekak, kályhák, díszöntvények – szerint a legkorábbi vasöntvények Kínából, az időszámításunk előtti második évezredből származnak.

Európában a 12–13. században a vízierővel működtetett fűtatók feltalálása teremtette meg a lehetőségét annak, hogy az így elérhető nagyobb hőmérséklet következtében érceiből elő tudták állítani, meg tudták olvasztani a vasat.

Magyarországon a 15. század végére tehetjük a vasöntés kezdetét, és *I. Rákóczi György* fejedelem uralkodása idejéből,

1632-ből származó oklevélben történik említés először vándor öntőmesterekről, akik ágyúba való golyókat öntöttek tartós formába.

Az első nagyolvasztónak nevezett kemencét, amely megteremtette az iparszerű öntvénygyártás lehetőségét, 1651-ben *Zrínyi Péter* bán létesítette a horvátország-krajnai határ közelében fekvő Csabaron. Ezt követően sorra építették a nagyolvasztókat a történelmi Magyarország délkeleti, keleti és északi részein a gazdag vasérctelepek, a faszenet biztosító erdőségek és a vízienergiát adó folyók miatt oda települt vasművekben. A vasművekben főként hadiipari termékeket,



■ 1. kép. A kiállítási csarnok déli szegletében látható az új tárlat



■ 2. kép. Az öntődei munka gépesítésének 20. századi emléke, a fordítómintalapos formázógép

ágyút, ágyúgolyót, mozsarat öntöttek közvetlenül a nagyolvasztókból, de gyártottak vízvezetékcsöveket, tűzhelylapokat, konyhai edényeket, kályhákat, később hidakat, építészeti és díszöntvényeket is a kohó mellé telepített láng- és/vagy kupolókemencékben újraolvasztott vasból.

A kiállítás bemutatja a legrégebbi, egyszerű talajformát igénylő táblaöntészet emlékeit, ágyúgolyókat és a készítésükhöz használt öntőformát, valamint a legegyszerűbb öntöttvas edényeket, a „lábás lábast”, főző- és sütőalkalmatosságokat.

A kupolókemencék elterjedésével a vasművektől független, önálló árutermelő vagy a gépgyárakhoz tartozó öntödék magyarországi megjelenése a 19. század első harmadára, közepére tehető. Ez egybeesik az iparosodás kezdetével, a hajógyárak, malmok, a mezőgazdasági és általános gépgyárak megjelenésével, a vasút rohamos terjedésével, a városok és a városi közművek bővülésével. A 19. században egy évszázad alatt a vasöntvénytermelés százszorosára nőtt, 1913-ban már 79 vasöntőde működött az országban.

A 19. század közepétől a háztartásokban megjelennek az egyszerűbb, többségében vasból öntött alkatrészeket tartalmazó háztartási eszközök, pl. mérlegek, kávédarálók, faszenes vasalók, csizmahúzó és darálók, tűzhelyek és kályhák, de az építészet is szívesen alkalmazza az öntöttvas tartóelemeket.

A 20. században a modern gép- és járműipar kialakulása és fejlődése elképzelhetetlen öntvényből készült alkatrészek nélkül. Olyan új öntvényminőségek, alap-

és segédanyagok, gyártástechnológiák jelentek meg, amelyek képesek kielégíteni a legkülönbözőbb felhasználói igényeket. Számos olyan alkatrész van, amely más fémalakítási technológiával nem, vagy csak nagy költséggel készíthető el.

A 20. század első évtizedében a háborús konjunktúra miatt jelentős új vasöntödék létesültek, 1904-ben Diósgyőrben, 1906-ban Salgótarjánban, 1908-ban a győri MÁVAG-ban, 1911-ben a csepeli Weiss Manfréd Művekben.

Az I. világháború és a trianoni békeszerződés után a vasöntödék felét elcsatolták, a 44 nagykohóból Ózdon maradt meg három. Mélypontra került az öntvénygyártás, csak a II. világháború előtti időszak hozott javulást. 1938-ban összesen 60 000 tonna vasöntvényt gyártottak, ennek 24%-át Csepel és Diósgyőr adta.

A II. világháború után a rohamosan növekvő piaci igények kielégítésére jelentős technológiai fejlesztések történtek. Új árutermelő öntödék is épültek, így pl. a Rába Magyar Vagon- és Gépgyár acélöntődéje, vagy a Kecskeméti Zománc- és Kádgyár öntődéje, de fejlesztették a Soroksári Vasöntödét és a Csepeli Vas- és Acélöntödéket is.

1963-ban az egységes irányítás, a szakosodás és a tervszerű műszaki fejlesztés megvalósítására létrehozták a 14 öntödeből és két háttérpári vállalatból álló Öntődei Vállalatot. A magyar vasöntvénytermelés 1966-ban 293 000 t-val érte el maximumát. A piaci viszonyok megváltozásával az Ö. V. 1985-ben megszűnt.

A rendszerváltozás és a privatizáció új helyzetet teremtett. Csökkent a vasöntödék száma, ugyanakkor új üzem épült

Oroszlányban, és új, nagynyomású formázósort telepítettek a német tulajdonban levő Busch-Hungária Kft. győri öntődéjébe.

Az acélöntészet is először a vasművekben honosodott meg. Az acélöntvényeket elsősorban szélsőséges igénybevételnek kitett helyeken alkalmazzák, ahol fontos a hő-, a kopás- és a korrózióállóság. Az első tégelyacélöntödét Csáky László gróf prakfalvai vasgyárában hozták létre 1880-ban.

Nagyüzemi acélöntőde 1884-ben a vasúti szükségletek kielégítésére Diósgyőrött és Resicán (ma Reșița, Románia) indult bázikus belésű martinkemencével. Jelentős volt a Ganz Rt. 1891-ben induló kocsigyári, az 1903-ban induló salgótarjáni, a csepeli WM-gyárban 1911-ben, a Magyar Waggon- és Gépgyárban pedig az 1914-ben létesített acélöntőde. Az ország első elektrokemencéjét is Diósgyőrben helyezték üzembe 1911-ben. A két világháború között a diósgyőri volt a legjelentősebb üzem, akár 50 tonnás darabok öntésére is vállalkoztak. 1938-ban 18 000 t acélöntvényt gyártott az ország.

A II. világháború után a diósgyőri és a csepeli acélöntőde volt a legjelentősebb üzem. Az 1970-es évek elején Győrben, Jászberényben és Orosházán indult új acélöntőde, az előbbi néhány év után korszerű vasöntödévé alakították át. Ezen felül kisebb kapacitású üzemek több helyen működtek az országban. A rendszerváltozás után számos acélöntőde leállt, ma a hazai termelés nem éri el a 10 000 tonnát.

A nagy méretpontosságú precíziós acélöntvények gyártása 1956-ban elsőként a csepeli Készülék- és Szerszámgyár-



ban indult be. Napjainkban Közép-Európa egyik legkorszerűbb precíziós acélöntödéje, a Magyarmet Finomöntöde Bt. Bicskén működik.

A kiállításban megtalálható az Al-Duna szabályozásához használt sziklavéső, melynek öntését a diósgyőri acélöntödében az 1890-es évek elején kezdték meg. Az acélöntészet feltalálói közül megemlékezünk *Topitzer János* diósgyőri művezetőről, aki kiváló tulajdonságú, speciális öntött gyorsesztergaacélt (Megiston-acél) talált fel. Nemcsak szakemberek számára érdekesek a diósgyőri acélöntvénygyártás kezdeti időszakából származó, kézzel rajzolt minta- leltárkönyvek.

Az acél- és vasöntvények öntőformáit változtatott módon állítják elő. A legegyszerűbb, kézzel készített bentonitkötésű homokformáktól kezdve a műgyanta kötésű héjformákon át a viaszveszejtéses, nagypontosságú, ún. precíziós öntéshez használt keramikus formáig.

A járműipari öntvények kínálatán túl a különleges szövetszerkezetű gömbgrafitos öntöttvasból készült darabokat, gép- elemeket, kisebb-nagyobb háztartási eszközöket, utcabútorokat, mintalapokkal történő formázási példákat és a munkácsi, híres finomöntödében készült nagy orosz- lánsszobrot is bemutatjuk a kiállításon.

Az öntödei munka gépesítéséhez hasz-

nált fordítólapos formázógép (2. kép), a korszerűbb, rázó-sajtoló formázóberendezések, a homokminőséget ellenőrző vizsgálati műszerek és az öntvények szilárdsági tulajdonságait vizsgáló berendezések is a vas- és acélöntvények gyártásának sokféle eszközét mutatják be. A kiállított öntvények az ipari öntészet kialakulásának és máig tartó fejlődésének emlékeit reprezentálják.

A kiállítást *Lengyelne Kiss Katalin* rendezte és mutatta be, az NKA-n kívül öntészeti és kohászati vállalatok és az OMBKE is támogatták. A feliratok németre és angolra való fordítását szakmai segítőink végezték el ingyenesen.

 *Lengyelne Kiss Katalin*

## Testvérlapjaink tartalmából

### **International Journal of Metalcasting (USA)**

**4. kötet, 2010. 2. szám**

#### **Flender, E., – Sturm, J.: Az öntési folyamat szimulációjának harminc éve**

Az utóbbi évtizedekben nem sok fejlesztés változtatta meg olyan alapvető módon a fémöntési folyamat megértését, mint az öntés szimulációja. E cikk fő szándéka könnyen olvasható és vonzó áttekintést nyújtani az öntő szakembereknek az öntészeti eljárások fejlődéséről, jelenlegi állapotáról és jövőjéről az európai szerzők szemszögéből.

Figyelembe véve az öntészet hosszú időre nyúló hagyományait, az öntési folyamat szimulációjának története egy kis kulturális forradalom az iparágban. Az 5000 éves, próba-hiba módszerű öntészet átalakult átlátható, reprodukálható eljárássá, amelynek a technológiai paramétereire nem csak előre jelezhetők, de manipulálhatók is. Mégsem válaszolható meg minden a szimuláción keresztül, de ennek az eszköznek a jelenlegi elfogadottsága az öntödékben és az öntvények felhasználói által megerősíti, hogy az öntés szimulációja az utolsó harminc év egyik kulcsfontosságú innovációja az öntödék világában. A szimuláció a költségcsökkentés hatalmas lehetőségét nyitja meg, és ezzel az öntödék fokozott versenyképességéhez vezet.

p. 7-23.

#### **Mampaey, F. – Habets, D. – Plessers és társai: Az oxigén aktivitásának on-line mérései az optimális grafitalak meghatározásához a kompaktgrafitos vas gyártásában**

A szerzők nemrég tanulmányt tettek közzé az oxigénaktivitás méréséről olyan érzékelővel, amely mostanában került kereskedelmi forgalomba. Ferrites és perlitesszerkezetű, nagy szilárdságú öntöttvas adagokban optimális tulajdonságok jól meghatározott oxigénaktivitásnál mutatkoznak.

Az ilyen körülmények között öntött öntvények maximális grafitgömbösödést, nyúlást és ferrittartalmat mutatnak, a legkisebb keménységgel kombinálva. Ezenkívül közzé tették a kompaktgrafitos vasöntvényekre vonatkozó első eredményeket. A jelen közlemény sokkal részletesebben vizsgálja a kén és az oxigén aktivitásának a hatását néhány jelenségre, amelyek a kompaktgrafitos öntöttvas gyártása során fontosak. Ezek a jelenségek a korlátok, amelyekre nézve az ISO 16112 szerint meghatározott mechanikai tulajdonságok teljesülnek, az átmenet a kompaktgrafittól a lemezes grafithez és a pont, amelynél 20%-os gömbösödés lép fel.

Figyelembe véve, hogy az oxigénaktivitás mérése mintegy 12 másodpercet vesz igénybe, az érzékelő nagyon sokat ígérőnek látszik a kompaktgrafitot eredményező eljárás irányításához.

p. 25-43.

#### **Teague, J. – Richards, V.: Öntöttvasak öregítési szilárdítása: a kutatás és az irodalom áttekintése**

1997 óta az AFS (American Foundry Society = Amerikai Öntészeti Egyesület) számos tanulmányt támogatott, hogy tökéletesítsék a szürke öntöttvas öregítési szilárdításának a megértését a szakirodalom áttekintésével. Következtetés: az öregítési szilárdulás egy nitridkiválasztási folyamat, amelyet az Avrami-Johnson-Mehl kinetika ír le.

p. 45-57.

#### **Murthy, A. – Lekakh, S. és társai: A Nb-mal, V-mal és N-nel módosított CB7Cu-1 (17-4 PH) acél mikroszerkezete és tulajdonságai**

Vizsgálták a nióbium, vanádium és nitrogén adagolásával módosított CB7Cu-1 (17-4 PH) acél mikroszerkezetét és tulajdonságait. 45 kg-os indukciós kemencében, argon atmoszférában négy adag acélt olvasztottak: alapvasat, a karbonnak az oldatból való eltávolítása céljából nióbiummal módosítottat, vanádiummal módosítottat és vanádiummal + nitrogénnel módosítottat. Ezeket fenolkötésű no-bake homokformákba és előhevített keramikus héjformákba öntötték. A homogenizáló, ausztenitkondicionáló és edző kezeléssel előállított mikroszerkezetek meghatározásához termodinamikai számításokat, pásztázó elektronmikroszkópot (SEM), röntgendiffraktométert és optikai mik-

roszkópot használtak. Az öregítéses szilárdulás kinetikáját 460 °C és 482 °C hőmérsékleten tanulmányozták. Csúcsra öregített és túlóregített állapotban mérték a szakítási és Charpy ütési tulajdonságokat. SEM használatával megfigyelték a törésfelületeket és törést iniciáló helyeként komplex nióbbium-vanádium karbonitrideket azonosítottak. Szakadásig adott nyúlás mellett nagyobb szakítószilárdságot értek el a nióbbiummal, vanádiummal és nitrogénnel módosított CB7Cu-1 acél túlóregítésével, azonban a Charpy ütési energia kisebb volt, mint a csúcsra öregített CB7Cu-1 acél esetében.

p. 59-69.

*Roučka, J. – Kováč, M. – Jaroš, M. és társai: A keramikus héjformákba történő öntés termikus folyamatai és numerikus szimulációjuk*

A keramikus héjformák termikus rezsimében a legjelentősebb szerepe a környezetbe irányuló radiációs és a konvekciós hőátadásnak van. A héjakban a falak egymást kölcsönösen besugározzák, és a hő egyes irányokban nem szimmetrikusan áramlik. A kísérleti mérések lehetővé tették a hőtani viszonyok megállapítását különböző átmérőjű, gyűrűs beömlőre helyezett, hengeres öntvények modellrendszereinek öntése és dermedése során. N115 jelű, Cr-Ni-Co ötvöztetésű acélt öntöttek. A hőmérsékletet az öntvényekben és a héjak falaiban hőelemekkel mérték. A kísérleti adatok fontosak voltak a további numerikus szimulációban. A hőátadási határfeltételeket a FLUENT szoftverrel számították. A rendszer tényleges termofizikai és határfeltételeit inverz modellezéssel, a ProCAST szoftverrel határozták meg. A ProCAST program CAFE moduljával végezték az ötvözet szerkezetének numerikus szimulációját, majd a szimulált szerkezeteket összehasonlították a metallográfiai módszerekkel megállapított szerkezettel.

p. 71-80.

**International Journal of Metalcasting (USA)**

4. kötet, 2010. 3. szám

*Gigante, G.: Hogyan tudunk gyakorlati zöld öntőiparrá válni?*

A cikk magyar fordítása megjelent a BKL 2010. évi 3. számában.

p. 7-15.

*Tuttle, R.: Acélöntvények vizsgálata potenciális csíráképződési fázisokra*

Az acélöntvények gyártásának meg kell felelnie a mechanikai tulajdonságok és az árak szigorodó követelményeinek. A mechanikai tulajdonságok javításának egyik lehetősége szemcsefinomítók kidolgozása. Míg a szemcsefinomítók elméleti modelleken alapuló kidolgozása segítheti a fejlesztést, már valószínűleg vannak anyagok, amelyek a jelenlegi öntvényekben ausztenitdendritek csíráiként működnek. Úgy találták, hogy TiN zárványok közreműködhetnek a dendritek csíráképződésében különböző ipari öntvények dermedése során.

p. 17-25.

*Monroe, C. – Huff, R.: Vastag falú acélöntvények alumínium-nitrides ridegedésének előrejelzése*

Az alumínium-nitrides (AlN) ridegedés vastagabb falú (>4") acélöntvényekben probléma. Az AlN nagyobb maradék alumínium- és nitrogénszinteknél és kis hűlési sebességeknél válik ki. Kritikus terhelésű alkatrészekben az AlN képződése ridegíti az öntvényt, csökkenti az acél ütési szilárdságát és képlékenységet. Vizsgálták Hannerz kiválási diagramját AlN-re, és a pontosabb egyenletét ábrázolták. Ezenkívül ezt az információt öntecsek szimulált hűlési görbéivel vetették egybe, hogy felvegyék a legnagyobb alumíniumtartalom görbét a keresztmetszeti méret függvényében, a ridegedés elkerülése céljából. Ezek a hűvelykujjszabályok azonban félrevezetők lehetnek a geometriák elemzésében végleges felszerelés vagy olyan termelési információ nélkül, mint a homoktulajdonságok. Az AlN előrejelzésében a legfontosabb információ a hűlési sebesség a gyártásban. Ezért az öntvénysszimulációs szoftverbe foglalták az egyenleteket, hogy használják a szimulált hűlési görbéket az elridegedett térfogatok helymeghatározásához. Két öntvénytípust szolgált az AlN ridegedésjelző használatának bemutatására. Ez az előrejelzés segíteni fogja az AlN-es ridegedés elkerülését vastag falú öntvények és felszerelések tervezése során.

p. 27-33.

*Fraś, E. – López, H.: Az eutektikus cellák és a gömbszemcsék száma a vasolvadék minőségének a mutatója*

A cikk részletesen elemzi az öntöttvas legfontosabb minőségi paramétereinek egyikét, nevezetesen az eutektikus cellák vagy

csírák számát. Az elemzés az öntöttvas dermedésének elméleti alapjain nyugszik. A kifejezéseket úgy vezették le és használták, hogy a cellák vagy csomók számát a technológiailag fontos tényezőkhez viszonyítsák. Úgy találták, hogy az ilyen tényezők lényegében a fehéredési hajlammal, a zsugorodás előtti tágulással, a zsugorodási porozitással és a grafit típusával függenek össze. Kimutatták, hogy az öntöttvas mechanikai tulajdonságaira erősen hat az öntődei gyakorlat. Megállapították, hogy az eutektikus cellák sűrűsége vagy a csomók száma olyan minőségi tényező, amely tükrözi a folyékony öntöttvas fizikai-kémiai állapotát adott hűlési sebesség mellett. Másrészt ez meghatározza az öntöttvas grafit-nukleációs potenciálját, ami az olvadék készítésével járó összes technológiai tényező átfogására használható.

p. 35-61.

*Showman, R. – Nocera, M., – Madigan, J. és társai: A magok méretváltozásainak átértékelése*

A Ford Motor Company clevelandi öntvénygyára a szürkevas hengertömb-öntvények nem várt méretváltozásait tapasztalta a motorgyári mérések során. Az öntvénygyár statisztikai eszköz és taktikai csapatot (Statistical Weapons and Tactics = SWAT) alakított a kérdés vizsgálatára. A csapat háttéradatokat generált, de nem sikerült teljesen megállapítania a fő okokat. A vízköpenymag mérései azt mutatták, hogy a mérések időben és különböző technológiai változásokkal csökkentek vagy zsugorodtak. Míg a zsugorodás mérete a tömb főméreteihez mérten nagyon kicsi volt, a mechanizmusát nem értették meg kellően, és nem tudták tükrözni a szerszámméretekkal. Kezdeményeztek egy projektet az Ashland Casting Solutions nevű kötőanyag-szállítójukkal, hogy összehasonlítsák a különböző anyagok és a technológiai változók hatásait a cold-box mag zsugorodására. Elemezték a mérési módszereket, és kísérlettervezést végeztek, hogy mérjék a különböző anyagokból és különböző körülmények között készített magok zsugorodását. Kiegészítő vizsgálatokat végeztek a magkészítés utáni műveletek, így a bevonás, a szárítás és a különböző körülmények közötti tárolás hatásaira vonatkozóan. Ezek és más kutatások eredményeit felhasználva módosították a magok felszer-számozását.

A Bányászati és Kohászati Lapok 2010/1 számában dr. Sillinger Nándor tollából egy részletes cikk jelent meg a magyar alumínium-ipar történetéről a kezdetektől napjainkig. Miközben a cikk tárgyyszerűen és színvonalasan mutatja be a közel száz esztendő változatos történetét, különösen az utolsó 40 év eseményeit, végkövetkeztetésével csak részben lehet egyetérteni.

Tény, hogy az ezredfordulóra a korábbi bauxit- és timföldtermelés mintegy 40–45%-a maradt meg, míg a félgyártmány- és készáru gyártásban a kapacitásokat gyakorlatilag egészben sikerült megőrizni. Ugyanakkor a rendszerváltás utáni viharos és összességében sikeres átalakulás eredményeként – és szerintem ez a döntő következmény –, függetlenül attól, hogy hazai vagy külföldi befektetők hajtották végre a nagyívű fejlesztéseket, a kialakult struktúra, a termékek minősége, a technológiák korszerűsége ma eléri vagy sokkal jobban megközelíti a világszínvonalat, mint az a korábbi évtizedekben jellemző volt. Eközben az idézett cikkben is felelőlegesen alapvertikumi aszimmetria is lényegében megszűnt a feldolgozott termékek javára.

Úgy gondolom, hogy ezek az eredmények még a szakmai közvélemény számára is jórészt ismeretlenek, ezért a BKL Kohászat szerkesztőségével egyeztetve olyan sorozatot indítunk, amelyben ezeket az eredményeket megkíséreljük bemutatni. A sorozatot a MAL Zrt. bemutatásával kezdjük, annál is inkább, mivel a speciális timföldek gyártása területén a cég a világtermelés mintegy 5–6%-át adja. Ez az arány jóval meghaladja a Magyar Alumíniumipari Tröszt tagvállalatai 1989. évi kohászati timföld csúcstermelésének 2,1%-os értékét, ráadásul egy jóval igényesebb, nagyobb hozzáadott értéket képviselő termékszerkezettel.

Dr. Tolnay Lajos

TOLNAY LAJOS – FÖLDVÁRI BÉLA – MIHÁLYFI GÁBOR

## A MAL Zrt. másként.

## Fémes és nemfémes termékek és technológiák\*

A szerzők áttekintést adnak a MAL cégcsoport életében az utóbbi időszakban bekövetkezett változásokról, a speciális timföldtermékek gyártásával a termékpalletta bővüléséről és a jövő terveiről.

### A világ és benne a MAL Zrt.

A világ timföldtermelésének 93–94%-a szolgál primer alumínium fém gyártására.

A maradék 4,5–5,5 millió tonna, melyből a MAL Zrt. 240–300 ezer tonnát termel, az ún. nem kohászati igényeket elégíti ki. Ez

a mennyiség az Európában gyártott speciális timföldtermékek mintegy 12%-át jelenti (1. táblázat).

**Dr. Tolnay Lajos** 1971-ben végzett a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán, majd 1974-ben Budapesten a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetemen szerzett mérnök-közgazdász diplomát. A Lenin Kohászati Műveknél acélgyártó gyakornokként kezdett, s elnök-vezérigazgatóként került el onnan. 1992–93-ban a Dunaferri Kereskedőház Kft. ügyvezető igazgatója. Később magánvállalkozó lett. Néhány év kihagyás után visszatért az iparba, de már az alumíniumiparba. 1997 óta a Magyar Alumínium Zrt. igazgatóságának elnöke.

1990-től 1994-ig a Magyar Gazdasági Kamara elnöke, majd 1995-ben az akkor megalakuló Magyar Kereskedelmi és Iparkamara

elnökévé választják, a tiszte 2000-ig tölti be. 2000-től 2010 őszéig az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület elnöke.

**Földvári Béla** 1951-ben született Debrecenben. 1975-ben okleveles vegyész diplomát szerzett a szegedi József Attila Tudományegyetem Természettudományi Kar vegyész szakán, az Alkalmazott Kémiai Tanácsán. Tizenegy éven keresztül a Borsodi Vegyi Kombinátnál dolgozott a vinilklorid gyártás területén, ebből négy évet libiai küldetésben. 1986-tól az Ajkai Timföldgyár és Alumíniumkohó alkalmazottja különböző beosztásokban: technológus, üzemvezető, értékesítés vezető. Közben 1993–94-ben egy évig Iránban dolgozott egy PVC-gyár újjáépítésén. Visszatérve stratégiai-

marketing vezető volt, jelenleg minőségbiztosítási főmérnökként dolgozik.

**Mihályfi Gábor** okleveles vegyész mérnök. Ajkán született 1961-ben. Diplomáját a Veszprémi Vegyipari Egyetem Nehézvegyipari szakán szerezte 1985-ben. Tanulmányai befejezése után az Ajkai Timföldgyárban kezdett dolgozni, azóta is az ez idő alatt több átalakuláson átesett cég a munkaadója. Kezdetben fejlesztőmérnökként, később értékesítési vezetőként dolgozott, 2002-től a MAL Zrt. Finom Termék Divíziójának vezetője. Szakmai munkássága a divízió termékcsoportjaihoz kapcsolódik, kezdetektől résztvevője volt, majd vezetőként irányította a szintetikus zeolitok és a precipitált alumínium-hidroxidok kifejlesztését.

\* Az MTA Metallurgiai Bizottság ajkai kihelyezett ülésén, 2010. május 7-én elhangzott előadás szerkesztett változata.



1. táblázat. Timföldtermelési adatok

		MAL Zrt.	Világ összesen	MAL Zrt. részesedés	Európa összesen	MAL Zrt. részesedés
		ezer tonna	ezer tonna	%	ezer tonna	%
2008	kohászati	0	77 739		9 860	
	speciális (nem kohászati)	291	5 541	5,3	2 392	12,2
	összesen	291	83 280		12 252	
2009	kohászati	0	72 841		7 691	
	speciális (nem kohászati)	184	4 525	4,1	1 532	12,0
	összesen	184	77 366		9 223	

2. táblázat. Az európai timföldgyártók kínálata

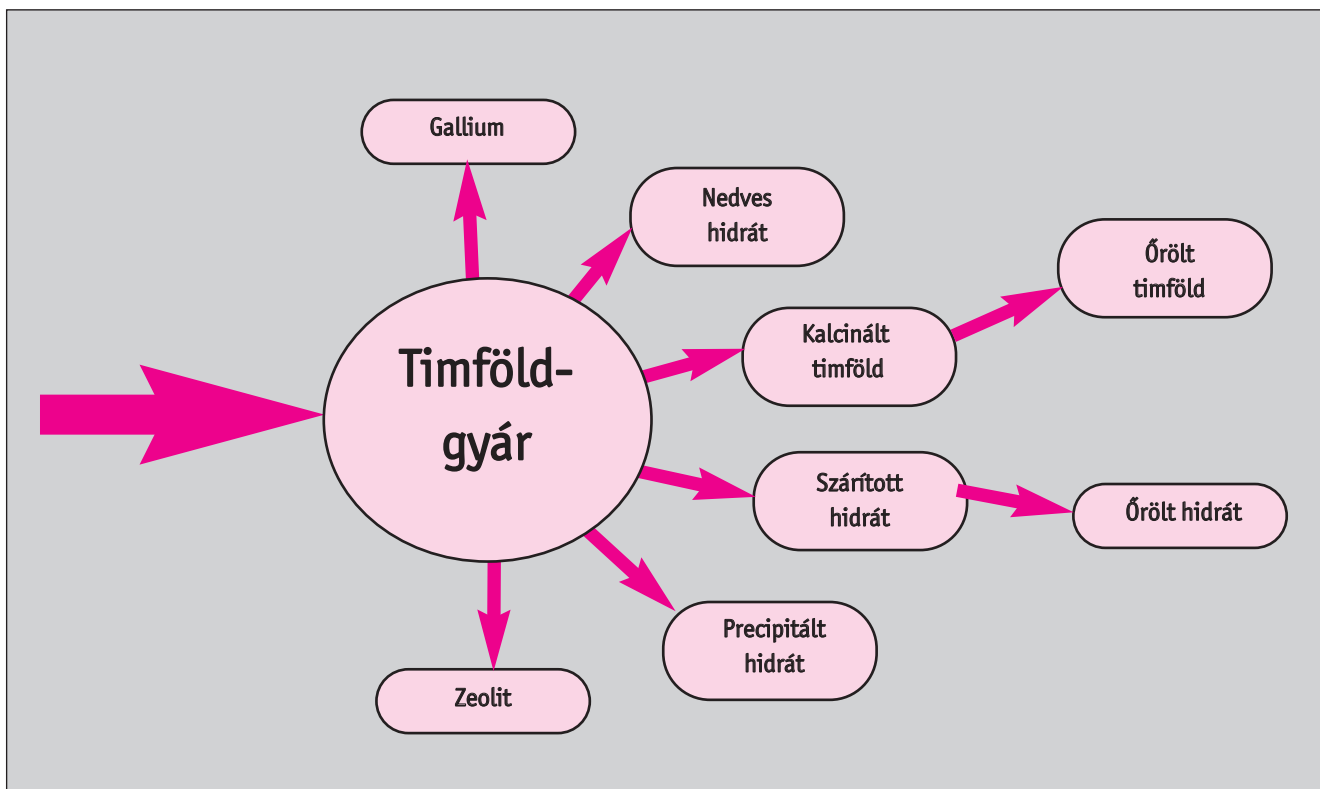
		nedves hidrát	száraz hidrát	őrölt hidrát	finom precipitált hidrát	kalcinált timföld	őrölt timföld	tabulár timföld	spinell előtermék	zeolit	szilikát termékek	gallium
MAL / Ajka	HU	☺	☺	☺	☺	☺	☺			☺		☺
MAL / SILKEM	SLO						☺	☺	☺	☺	☺	
Martinswerk	DE		☺	☺	☺	☺	☺					
Nabaltec	DE		☺	☺	☺	☺	☺					
ALMATIS	DE		☺	☺	☺	☺	☺	☺				
ALCAN / Pechiney	FR	☺	☺	☺		☺	☺	☺				
DADCO / Stalder	DE	☺	☺			☺						

A MAL Zrt. szlovén leányvállalatával, a Silkemmel együtt – összehasonlítva a konkurensok kínálatával – a speciális timföldipari termékek legszélesebb palettáját kínálja. Köztük a teljes hidrátcsaládot, a nedves, a száraz, az őrölt, a viszkozitás-optimalt és a finom precipitált hidrátokat. A timföldtermékekből a kalcináltakon kívül gyártunk őrölt, reaktív és tabulár timföldet, valamint spinell előkeverékeket. Ezek mellett zeolitok és szilikátok, ill. nagy tisztaságú gallium teszi teljessé a kínálatot (2. táblázat).

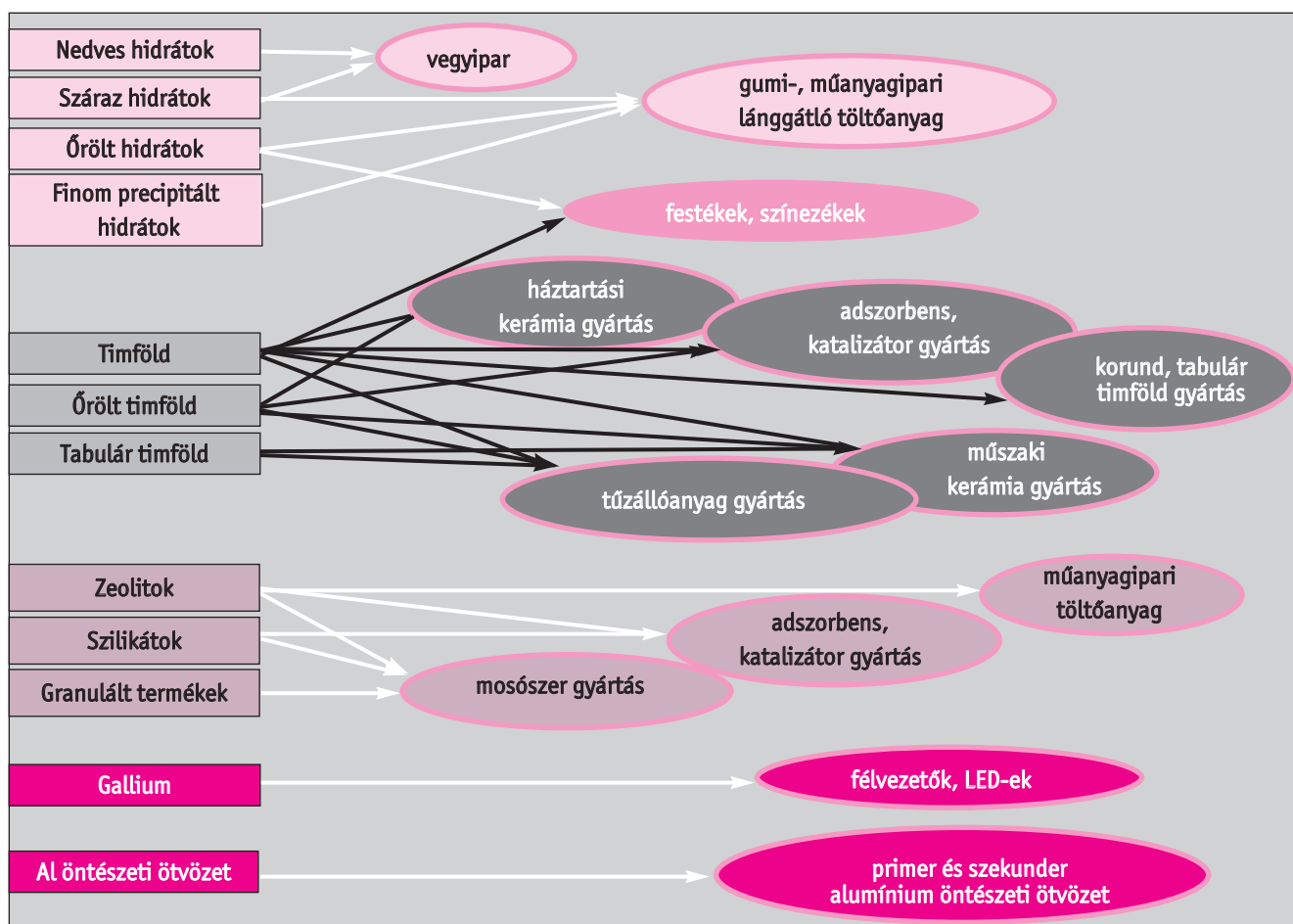
Ennek a pozíciónak az elérése és megtartása természetesen csak a megfelelő, a konkurenskével legalább azonos termékminőség és szolgáltatás biztosításával lehetséges.

#### Termékeink a mindennapokban

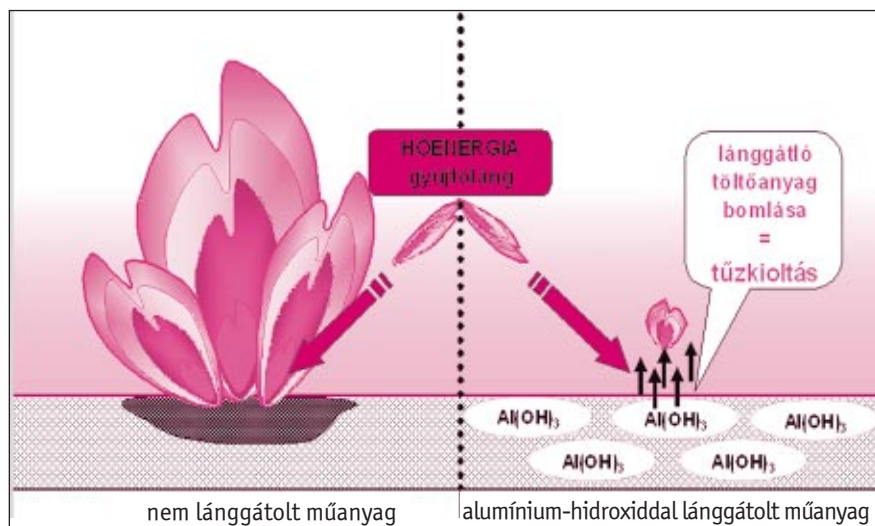
Speciális timföldtermékekkel nap mint nap találkozhatunk közvetlen és közvetett formában. Közvetlen felhasználási módot a csiszoló anyagokként való alkalmazás jelenti, de számos, a mindennapi életben használt termékbe (pl. háztartási kerámiák, gépkocsi gyújtógyertyák, üvegedények, műanyag és gumitermékek, mosószerek stb.) is közvetlenül épülnek be ezek a termékeink. A közvetett, áttételes



1. ábra. A módosított Bayer-eljárás termékei



■ 2. ábra. A MAL csoport termékeinek felhasználása



■ 3. ábra. Az alumínium-hidroxid lánggátló hatása

felhasználás is széles körű, hiszen speciális timföldipari termékek nélkül nincs kohászat, nincs üveg- és kerámiagyártás, nincs energiatermelés.

A speciális timföldtermékek előállítása módosított Bayer-eljárással történik (1. ábra). Ennek a technológiában nem

egy termék, a kohászati timföld a végterméke, hanem sok-sok, különböző kémiai és fizikai tulajdonságokkal bíró hidrát (nedves, száraz, órölt, finom precipitált), timföld (alacsony, közepes és magas kalcináltságú, alacsony és extra alacsony nátrontartalmú, valamint ezek örlemé-

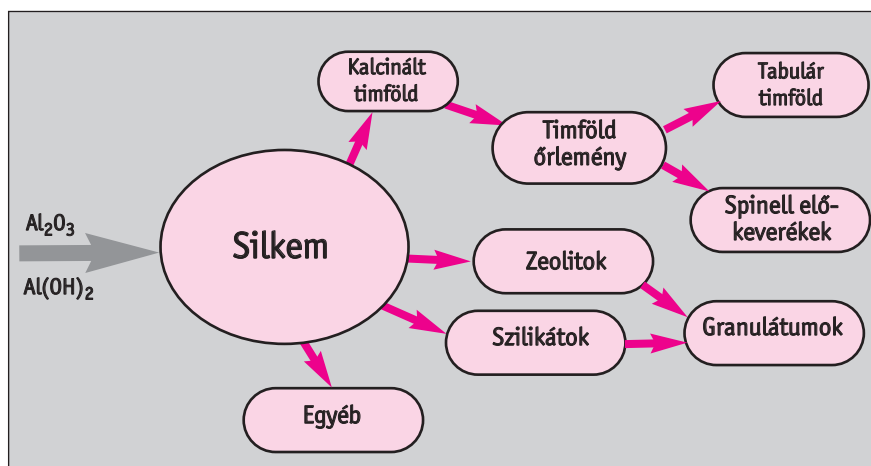
nyei és reaktív timföldörlemények), zeolit és fém gallium. A MAL csoport által gyártott termékek jellemző felhasználási területeit az 2. ábra mutatja.

### Hidrátok

Az alumíniumhidrát három, kémiaiag kötött – OH gyököt tartalmazó alumíniumvegyület. Ebből adódik egyik legfontosabb alkalmazási területe, a lánggátló töltőanyagként való alkalmazása műanyag- és gumiiipari termékekben. Az alumíniumhidroxid kb. 200 °C-on kezd el bomlani. A bomlás energiaigénye, a felszabaduló víz és a visszamaradó bomlástermék hőszigetelő hatása lassítja, megakadályozza a műanyag és gumiiipari termékek égését, a tűz terjedését (3. ábra). Az alumíniumhidroxid ilyen irányú alkalmazása, amikor egy anyaggal lehet a lánggátló és a töltő funkciót is biztosítani, felfutó ágban van.

A műanyagokba történő megfelelő bedolgozhatóság érdekében azonban ezeknek a hidrátoknak az alábbi fizikai tulajdonságokkal kell rendelkezniük:

– 0,3–12 m<sup>2</sup>/g fajlagos felület;



■ 4. ábra. A Silkem termékstruktúrája

- 0,8–35  $\mu\text{m}$  közötti átlagos szemcseméret ( $d_{50}$ );
- nagy kémiai tisztaság;
- nagyon kicsi elektromos vezetőképesség (40–200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ );
- szabályozott olajfelvétel.

A legjobb minőséget a hidrátok között a viszkozitásoptimált és a finom precipitált hidrátok képviselik. Ez utóbbiak különösen a kábeliparban, a gépjárművek műanyag alkatrészeiben és különböző építőipari alkalmazásokban játszanak nélkülözhetetlen szerepet. Európában három cég, a MAL Zrt., a Nabaltec és a Martinswerk képes ilyen hidráttípusok előállítására. A 2. táblázatban szereplő Almatiss az USA-ban rendelkezik gyártóbázissal.

#### Mi a speciális timföld?

Az alumínium fém gyártásán kívüli egyéb igények, felhasználások számára kifejlesztett speciális timföldek jellemző felhasználási területei:

- háztartási kerámiák;
- szaniter termékek;
- műszaki kerámiák;
- nagyfeszültségű szigetelők (támszigetelők, gyújtógyertyák);
- tűzálló termékek (cementek, falazatok, téglák, kövek, betonok);
- polírozó és csiszoló anyagok;
- adszorbensek, katalizátorhordozók.

A speciális timföldek főbb jellemzői:

- 0,3–400  $\text{m}^2/\text{g}$  fajlagos felület;
- 0,1–50  $\mu\text{m}$  közötti primer kristálméret;
- 1–100% alfa-korund kristálmódosulat;
- nagy kémiai tisztaság;
- ezen belül alacsony nátrontartalom (0,03–0,3%);
- szabályozott vízfelvétel.

A minőséget meghatározó, befolyásoló tényezők:

- a felhasznált hidrát minősége (főleg a tisztaság és a homogén szemcseminőség fontos);
- a rekalcinálós vagy kvarchomokos szódatartalom csökkentés;
- a kalcinálási hőmérséklet (400–1600  $^{\circ}\text{C}$ );
- a kalcinálás hőmérsékletén való tartózkodás időtartama;
- a kalcinálás adalékanyagai (mineralizátorok: bórsav, alumínium-fluorid).

A MAL Zrt.-nél a speciális timföldek gyártására való átállás a meglévő eszközpark felhasználásával, azok előnyös tulajdonságainak elfogadásával, adott esetben hátrányos tulajdonságainak kiküszöbölésével valósult meg. A nagy fajlagos felületű termékek gyártására fluidágyas kemence, ritkábban forgó csökekemence, az alacsonyabb fajlagos felületű, nagyobb alfa-korund tartalmú termékekhez forgó csökekemence áll rendelkezésre.

A speciális timföldőrlemények legfontosabb felhasználási területein az őrleményekkel szemben támasztott követelményeket – az egyenletes, időben állandó minőségben belül – az alábbiak szerint lehet összefoglalni:

- műszaki kerámiák esetében: kémiai tisztaság, kalcináltság, szemcseeloszlás, égetett állapotban mért sűrűség, zsugorodás, vízfelvétel;
- nagyfeszültségű szigetelők (támszigetelők, gyújtógyertyák) esetében: kémiai tisztaság, kalcináltság, szemcseeloszlás;
- tűzálló termékek (cementek, falazatok, téglák, kövek, betonok) esetében: kémiai tisztaság, kalcináltság, szemcseeloszlás, vízfelvétel;

- polírozó- és csiszolóanyagok esetében: kalcináltság, szemcseeloszlás, felülről korlátos szemcseméret-tartomány, olajfelvétel.

A kalcinált timföldek előállítása során fontos szempont az őrölhetőség. Az alacsony kalcinált ( $\text{BET} > 3 \text{ m}^2/\text{g}$ ) timföldek nehezebben őrölhetők. Szakaszos üzemű malmokkal, gyöngymalmokkal, légsugármalmokkal, szakaszos nedves őrleést követő porlasztva szárítással gyárthatók.

Az alacsony kalcinált timföldek általában a műszaki kerámiák alapanyagául szolgálnak, égetett sűrűségük megközelíti a korund 3,98  $\text{g}/\text{cm}^3$  sűrűségét ( $> 3,85 \text{ g}/\text{cm}^3$ ). Erősen kalcinált timföldőrleményekkel, reaktív őrleményekkel keverve pedig a magas műszaki színvonalat képviselő tűzálló anyagok kötőanyagai.

A speciális timföldtermékek másik igen fontos szereplője az ún. tabulár timföld, valamint az egyéb, főleg mosószeripari zeolit- és szilikáttermékek. A MAL Zrt., a vevői igények minél teljesebb kielégítése érdekében, a szlovén Silkem cég akvizíciójával ilyen irányban szélesítette termékpalettáját (4. ábra).

#### Tabulár timföld

A tabulár timföld a nagy ( $> 50 \mu\text{m}$ ), ún. tablet-like primer kristályról kapta a nevét. Gyártása során a szűk fajlagos felület-tartományú (6–9  $\text{m}^2/\text{g}$ ) ALO-Ex325 és ALO-Ex325 VLS jelű timföldet 2–3  $\mu\text{m}$ -es szemcseméretre őrlik, majd az őrleményből 15–25 mm átmérőjű golyókat formáznak. A nyers golyókat 1850–1900  $^{\circ}\text{C}$ -on aknáknál kemencében kalcinálják.

A késztermék golyó alakjában, ill. törés, őrlés és osztályozás után különböző szemcseeloszlású frakciókban kerül piacra.

A tabulár timföld fő felhasználási területe a tűzállóanyag-ipar és a kerámiaipar. Kutatások folynak katalizátorhordozóként petrokémiai alkalmazására is. A tabulár timföld jellemzői:

- nagy kémiai tisztaság;
- nagy szilárdság;
- magas olvadáspont (2040  $^{\circ}\text{C}$ );
- jó hősokkálló képesség;
- nagy elektromos ellenállás;
- kicsi zsugorodás.

A három európai tabulár timföld-gyártó közül egyedül a Silkem képes – természetesen a megfelelő ajkai alapanyag birtokában – nagyon alacsony nátrontartalmú



terméket előállítani, amely világviszonylatban is egyedüli. A repülőgépek turbinalapátjainak gyártásához nélkülözhetetlen a szuperalacsony nátrontartalmú tabulár timföld.

### Reaktív timföldek

A reaktív timföldek a primer kristályméretet megközelítő vagy annál kisebb szemcsemérettel rendelkező őrlmények. A primer kristályok csak igen nagy fajlagos energiafelhasználással őrlhetők tovább. Őrlés során a szemcseméret már csak kis mértékben csökken, míg a fajlagos felület, tehát az aktivitás ugrásszerűen nő (innen származik az anyag elnevezése: őrléssel újra aktív felületeket lehet létrehozni).

A reaktív timföld a tűzállóanyag- és kerámiaipar ideális alapanyaga kalcinált timföldekkel, őrleményekkel keverten, kötőanyagként alkalmazva, különösen kis méretű, speciális alakú és nagy igénybevételnek kitett termékeknek. Önmagában a reaktív timföld előnyösen befolyásolhatja a tűzálló alapanyagok bedolgozhatóságát, ill. felületre való felhordhatóságát.

A reaktív timföldek többféle technológiával állíthatók elő. Ajkán a kalcinált timföld alapanyagot száraz őrléssel (golyós-, keverős és légsugármalmokat alkalmazva) aprítják majd osztályozzák, a szlovén leányvállalatnál pedig a nedves őrlést követően porlasztva szárítják.

Bármilyen minőségű timföldből nem lehet reaktív timföldet gyártani. A fejlesztés első fázisában a megfelelő alapanyagok kiválasztása volt a feladat. A végtermék felhasználási igényeihez alkalmazkodóan különböző kalcináltsági fokú (az alfa-korund tartalom 70–98%) és eltérő fajlagos felületű ( $BET = 0,3\text{--}12\text{ m}^2/\text{g}$ ) speciális timföldet kell használni. A különféle őrlési módok, majd az azt követő frakciókra bontás vagy a változtatható paraméterű porlasztva szárítás azt eredményezik, hogy a kapott termék nagyon sokféle lehet, alkalmazkodva a felhasználói követelményrendszerekhez.

A megfelelő alapanyag és gyártási technológia kiválasztása lehetővé teszi, hogy a reaktív timföld nyers és égetett sűrűségét, zsugorodását, vízfelvételét, szinteraktivitását, reológiai tulajdonságait, különleges hőállóságát és mechanikai tulajdonságait a vevői igényeknek megfelelően alakítsuk.

A Silkemnél a fejlesztések folytatásá-

hoz pályázati segítséggel kiépült egy 6–800 t/év kapacitású pilotrendszer, amely előőrlésre alkalmas golyósmalomból, gyöngymalomból és különböző porlasztva szárítókból áll. Ajkán szintén kiépült a többféle száraz őrlést lehetővé tevő pilot őrlőrendszer és a speciális finomosztályozó rendszer.

Jellemző, hogy az 1,2–2,5  $\mu\text{m}$  átlagos szemcseméretű termékcsalád 1000 euró/t-nál jobb áron értékesíthető.

### Nem-mosószeripari zeolitok

A 4A típusú ( $4 \times 10^{-10}\text{ m}$  pórusméretű) szintetikus zeolitokat (nátrium-alumínium-hidroszilikátokat) az 1960-as években fejlesztették ki. Használatuk hamarosan elterjedt Európa nyugati (később közép-keleti) régiójában, mint mosószeripari alapanyag. A nátrium-tripolifoszfátot (STPP) szorította ki a detergensnek piacáról, ennek következtében 40 éven át évente több mint félmillió tonna környezetbarát zeolit került a mosószerekbe.

Ajkán 1995 óta folyik a 4A típusú zeolit gyártása. A mosószeripar óriásai azonban továbblépnek, olyan mosószerek kifejlesztésén dolgoznak, amelyekkel alacsonyabb hőmérsékleten (kisebb energiafelhasználással) lehet mosni, valamint vízzoldható alapanyagokból állnak.

Ajkán az azóta sikeres mosószeripari zeolittermelés mellett a szakemberek mindig is foglalkoztak az alternatív termékek gyártástechnológiájának kifejlesztésével. A MAL Zrt. birtokában van az ioncserével előállítható 3A és 5A típusú zeolitok know-how-ja is.

Egy éve, egy vevői megkeresés kapcsán, beindult a speciális, adszorbens célú zeolitok fejlesztése. Szerkezetének köszönhetően a normál 4A típusú zeolit-kristály képes molekulaszűrőként, aktívált (kiizzított) formában pedig vízmegkötőként viselkedni. Ezen tulajdonságait kihasználva széleskörűen alkalmazható víz- vagy egyéb molekulák szelektív szorpciójára.

A partner kérésére Ajkán olyan speciális, 4AW jelű modifikált zeolit kifejlesztése folyik, melynek aktivált formája különlegesen nagy (>25%) vízfelvételre képes, sok cikluson keresztül regenerálható, nagyon stabil kristályszerkezetű. Ez a típus különlegesen tiszta alapanyagokat kíván. A végtermék nem tartalmazhat idegen fázist, a kristályos por morfológiája is kötött.

A MAL Zrt. a lehetséges konkurensekkel szemben, mint a mosószeripari zeolitok piacán is, jelentős költségelőnyt élvez. A zeolit előállításához szükséges egyik alapanyagot – a nátrium-alumínát oldatot – speciális tisztítás után közvetlenül a Bayer-körfolyamatból nyeri. A versenytársak ugyanezt az oldatot szintetikus úton, hidrát marónátronos oldásával, drágábban állítják elő.

A 4AW zeolittípus alapanyagként szolgálhat olyan formázott és aktivált végtermékekhez, amelyekkel gázok és folyadékok nedvességtartalmát lehet megkötni. Az ioncserélt változatok szelektíven alkalmazhatók egyéb szerves és szervesetlen molekulák adszorpciójára is. Az egyik fő felhasználási terület az olajipar.

Ajkán jelenleg már üzemszerűen gyártjuk az alaptípust, vevőink több száz tonnával sikerrel tesztelték. A közeljövő feladata a magasabb feldolgozottsági fokú termékek kifejlesztése.

### Hogyan tovább?

A világszínvonalon is speciális termékkör egyenletes, stabil, magas minőségének gyárthatósága az alaptermotechnológiai lépések megbízható, gazdaságos működését követeli meg, ami minőségjavító, költségcsökkentő fejlesztésekkel, beruházásokkal biztosítható.

A jelenlegi és jövőbeni termék- és technológiafejlesztéseinknél figyelembe kell venni a piaci trendeket, a vevői igényeket, a világ azon törekvését, hogy a termékfelhasználás az ipari termelés során a lehető legbiztonságosabb legyen, valamint a termékek alkalmazása a végfelhasználóknál, az embereknek hosszabb termékélettartam mellett még nagyobb biztonságot nyújtson. A jövedelmezőség szem előtt tartásával olyan irányokat kell választani, melyek hosszú távon biztosítják a működőképességet.

Ezek a területek a felhasználók számára is mind magasabb értéket képviselő termékek, az őrlött és reaktív timföldek, az őrlött, a viszkozitásoptimált és a finom precipitált hidrátok, valamint azok a zeolittípusok, melyek a hagyományos mosószeripari felhasználástól elkülönülnek.

Ezeknek a fejlesztéseknek a sikeres megvalósításához szükséges tudás, információ, know-how nem bolti áru, ezért a saját ismeretek, a szürkeállomány optimális működtetése elengedhetetlen.

## Tisztelt Olvasó!

Szerkesztőségünk e lapszám tartalmának összeállításakor még nem értesülhetett a gátszakadás tragikus híreről. Úgy gondoljuk, hogy az előző oldalak tartalma – egy más megvilágításban – feltétlenül a tragédia kapcsán kialakult képhez tartozik csakúgy, mint az alábbi két közlemény.

Szerkesztőség

### Átszakadt a MAL Zrt. vörösiszap-tározójának gátja Ajkán

2010. október 4-én 12 óra 10 perckor a MAL Zrt. ajkai timföldgyára X. sz. vörösiszap-tározójának a gátja átszakadt, és a tározóban lévő víz és az iszap egy része (becslések szerint együttesen 700 000–1 000 000 m<sup>3</sup>) hatalmas károkat okozva – és sajnálatosan emberéleteket is követelve – elárasztotta a közeli Kolontár jelentős részét, majd a Torna-patak mentén továbbhőmpölyögve Devecser egy szintén jelentős részét, sőt érintette még a bő 10 km-re lévő Somlósárhelyet is. A kiömlő víz erősen lúgos volt, ami tovább fokozta a kárhatásokat, és sok esetben súlyos sérüléseket okozott a balesetet elszenvedőknek és a mentésben résztvevőknek. A katasztrófavédelemnek és a vízügynek gátépítésekkel és a lúg közömbösítésével sikerült megelőzni, hogy a szennyezés a Marcalon túl a Dunára is hatással legyen.

A MAL Zrt. a kárelhárítást a stratégiai partnereivel közösen, a szakhatóságokkal és az országos hatáskörű szervezetekkel való egyeztetés után haladéktalanul megkezdte. A legmélyebb sajnálatát és részvétét fejezte ki a károsultaknak és az elhunytak hozzátartozóinak, és minden erejével közreműködött, közreműködik a kárelhárításban, kárenyhítésben. Ugyanakkor köszönetét fejezte ki mindazon szervezeteknek, akik a katasztrófa elhárításában közvetlenül közreműködtek, közreműködnek. A MAL Zrt. kinyilvánította azon szándékát, hogy a katasztrófa okainak kiderítésében közreműködik, azt minden rendelkezésére álló információval és eszközzel segíti, ugyanakkor kijelentette, hogy a tározó érvényes hatósági engedélyek szerint létesült, és azt az engedélyeknek megfelelően üzemeltette.

A MAL Zrt. a sérült tározó közelében három védővonalat épített ki az esetleges további iszapömlések megakadályozására. Szerencsére ilyen nem történt.

A timföldgyárban a gátszakadás napján leállított termelés 2010. október 17-én indult újra. Valamennyi termelőegység üzemel, és az összes termék gyártása megkezdődött. Ez azért is fontos, mert e nélkül a jelentős hazai termelési értéket és exportot teljesítő, több mint ezer főt foglalkoztató cég léte is veszélybe került volna.

A kormány *Bakondi Györgyöt*, az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság főigazgatóját kormánybiztossá kinevezve állami irányítás alá vonta a MAL Zrt.-t. A kormánybiztos és titkársága a MAL egész tevékenységét ellenőrzi és vizsgálja. Büntetőeljárás keretében folyik a katasztrófa okainak kivizsgálása, ami talajmechanikai és egyéb szakértői vizsgálatokat is magában foglal.

Az interneten és a médiában megjelent fényképeken az látszik, hogy bár a X-es kazetta sarka gyakorlatilag a talajszintig megnyílt, a vörösiszap igen jelentős mennyisége a tározóban maradt.

A tragédia mértéke óriási, igazán nincs szükség annak eltúlzására, amit a média és sajnos néhány prominens személy is megtett (pl. újabb iszapömlés, sugárzás, nehézfém-szennyezés és egyéb rémhírek). A gátszakadás okáról már eddig is számos találgatás – sőt alaptalan, rosszindulatú feltételezés is – napvilágot látott, ezért úgy véljük, hogy erről majd csak a vizsgálatok lezárása után érdemes és szabad beszélnünk. Az mindenestre tény, hogy a térségben az idén rendkívüli mennyiségű csapadék esett.

**Podányi Tibor**

*a BKL Bányászat felelős szerkesztője, a BKL Kiadói Bizottságának tagja*

### A Választmány állásfoglalása az ajkai vörösiszap-tározó gátszakadásával kapcsolatban

2010. október 4-én Ajka körzetében az ország talán eddigi egyik legnagyobb emberi-természeti katasztrófája következett be. Emberéletek estek áldozatul, sokan megsérültek, házak váltak lakhatatlanná, súlyosan károsodott a természet. Emberek százainak vagyona ment tönkre egy pillanat alatt, ezrek megélhetése került veszélybe. A katasztrófa által fenyegetettek lelki sérülése talán fel sem mérhető.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület választmánya és tagsága mélyen gyászolja az elhunytakat, együtt érzünk a károsultakkal és mielőbbi gyógyulást kívánunk a sérülteknek.

Reméljük, hogy tárgyilagos, de minden bizonnyal hosszú ideig tartó és kiterjedt szakértői vizsgálatok fényt fognak majd deríteni a tragédia okaira, a felelősökre és a felelősség mértékére. Ne ítéljünk előre! Különösen ne a szigorú tények és körülmények beható ismerete nélkül. Bízunk a szakértőkben, akikből többen tagtársaink közül kerültek vagy kerülnek ki. Bízunk szakértelmükben, pártatlanságukban, elhivatottságukban. Legyünk mellettük, segítsük őket döntéseikben, ha segítséget kérnek.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület választmánya 2010. október 8-i ülésén úgy döntött, hogy ezt az állásfoglalását honlapján nyilvánosságra hozza. Kéri tagságát, hogy lehetőségeikhez mérten segítsenek a kárelhárításban, és adományaikkal támogassák a károsultakat egy új élet elkezdésében.

**Dr. Nagy Lajos**  
elnök

**Dr. Lengyel Károly**  
főtitkár

**Dr. Gagyí Pálffy András**  
ügyvezető igazgató

# Színehorganyzott acél próbalemezek vizsgálata GD-OES mélységprofil-elemző spektrometriával

**Ötvözetlen acéltermékek (lemez, hosszútermék, hegesztett szerkezetek stb.) korrózióvédelmi célú tűzhorganyzása régtől ismert és széleskörűen alkalmazott technológia a fémipari gyakorlatban. A tűzhorganyzott termékek felületszínezését leggyakrabban pigmentált szerves bevonatokkal (ún. duplex bevonat) oldják meg. A tűzhorganyzó fürdő reakcióképes fémekkel (például titánnal, mangánnal [1]) való ötvözése ugyanakkor önmagában is eredményezhet olyan felületi reakciókat, melyek a tűzhorganyzott terméket színessé teszik. A titánnal való ötvözésnek ilyen jellegű hatását próbáltuk meg laboratóriumi körülmények között vizsgálni a Metallurgiai és Öntészeti Tanszék felülettechnikai laboratóriumában újonnan beüzemelt plazmagerjesztésű (GD) mélységprofil-elemző spektrometriával.**

## 1. Bevezetés

Tűzhorganyzásra napjainkban legerősebben az alumíniummal mintegy 0,1–0,2%-os mértékben ötvözött fürdőket használják [2]. Az alumínium mellett csekély mennyiségű (legfeljebb 0,0005%) titán fürdőbe adalékolásának hatását a közelmúltban Culcasi és munkatársai [3] részletesebben is tanulmányozták, és igazolták a kis mennyiségű titánnak a vas–cink bevonatrétegek kialakulására gyakorolt erős hatását, mely elsődlegesen a horganyolvadékkal érintkezésbe kerülő acélrészlet határfelületén kezdetben képződő  $\text{Fe}_2\text{Al}_3$  intermetallikus vegyületfilm kiépülését befolyásolja. Ilyen típusú, azaz alumíniummal alapötvözött horganyfürdőknek titánnal nagyobb mértékben történő ötvözése ugyanakkor általában nem képez szépen színeződött felületet [1]. Kísérleteinket ezért oldott alumíniumot legfeljebb csak nyomokban tartalmazó cinkolvadéknak titánadagolás melletti vizsgálatára korlátoztuk abból a célból, hogy a titán hatását a felületi színeződésben a GD-OES spektrometriát is kipróbálva kimutassuk.

## 2. Laboratóriumi kísérletek

A horganyfürdő összeállításához cinket a Szendrő–Galva Kft.-től kaptunk, míg a titán-ötvözéshez a titánforgácsot a Salgó–Metall Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. Az üzemtől kapott cinktömb  $< 0,0005\%$  alumíniumot és  $\sim 0,2\%$  antimont is tartalmazott az ilyen típusú horganyfürdők szokásos szennyezőin kívül. A horganyolvadék titánnal történő ötvözése után a laboratóriumi horganyfürdők titántartalma  $\sim 0,36\%$  volt. Az elemzéseket a Prec-Cast Öntődei Kft. anyagvizsgáló laboratóriumában végezték.

A fürdők beolvasztását (kb. 6 kg cinket) laboratóriumi tégelyes, elektromos ellenállásfűtésű kiskemencében végeztük, amibe kézi fogóval mártottuk be (legfeljebb egy percre) a megfelelően előkészített DC01 (EN 10130:2006) minőségű acél próbalemezeket. A próbalemezek tisztítását (zsírtalanítás és öblítés, savas pácolás és öblítés), majd alkalmas védőfóliával ( $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{ZnCl}_2$ , ún. fluxolás) való bevonását a szokásos ipari gyakorlatot követve igyekeztünk elvégezni a tanszéki laboratóriumban.

Az előkészített acél próbalemezeket különböző hőmérsékleteken (470, 520, 540 °C) és mérési idők (5, 10, 60, 90 s) mellett horganyoztuk, majd a fürdőből történő kiemelés után levegőn, illetve csapvízben lehűtöttük. A csapvízbe való mártással hűtött próbalemezek mintegy 5 másodpercig érintkeztek a laboratórium levegőjével a vízbemerítés előtt. A titánnal nem ötvözött „tiszt” cinkfürdőbe mártott próbalemezek az ipari gyakorlathoz közeli (470 °C-os) hőmérsékleten lettek horganyozva, míg az acél próbalemezeket mintegy 50–70 °C-kal magasabb hőmérsékletű cink–titán ötvözetolvadékba merítettük. Lehűlés után az utóbbiak felülete valamennyi vizsgált esetben halvány sárgás színű lett, míg a hagyományos módon horganyzottaké a szokásos, fényes szürkés.

A kétféle fürdőben horganyzott próbalemezeket szemrevételezéssel és a tanszéken újonnan rendszerbe állított plazmagerjesztésű (glow discharge: GD) optikai emissziós spektrometriát (GD-OES) (1. kép, 1. táblázat) kipróbálva is igyekeztünk minősíteni, a horganyzott próbalemezek elemi összetételének mélység szerinti kvalitatív meghatározása céljából. Ilyen, és sok egyéb, akár multiréteges bevonatrendszerek vizsgálatára ugyanis ez a GD profilelemző spektrométer (Horiba Jobin Yvon GD Profiler 2) az alábbi speciális adottságai miatt különösen alkalmas:

- gyorsan és egyidejűleg meghatározható 46 kémiai elem a polikromátorral;
- a további kémiai elemek vizsgálata is lehetséges a monokromátorral;
- szilárd vezető és nemvezető minták mélységprofil elemzése is lehetséges  $\sim 200 \mu\text{m}$  mélységig; továbbá a

**Lévai Gábor** 2008-ban diplomázott a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán, öntész-metallurgus szakirányon. Diplomája megszerzése óta a Kerpely Antal Anyagtudományok és technológiák Doktori Iskolában végez felülettechnikai kutatásokat a felületi bevonatok optimalizálásának céljából. Fő kutatási területe a horganyzás.

**Godzsák Melinda** 2007-ben a Miskolci Egyetem Gazdaságtudományi Karán szerzett egyetemi diplomát. Jelenleg másoddiplomásként a Műszaki Anyagtudományi Kar öntész-hőkezelő szakirányos végzős hallgatója. Kutatási területei a horganyzás, nitridálás, valamint más hőkezelési eljárások.

**Dr. Márkus Róbert** egyetemi adjunktus szakmai életrajzát lapunk 2010/3. számában közzé tettük.

**Dr. Török Tamás** tanszékvezető egyetemi tanár szakmai életrajzát lapunk 2009/5. számában közzé tettük.



– bevonatos és multiréteges minták vizsgálati lehetősége is adott a minták hagyományos, ún. „bulk” elemzésén túlmenően.

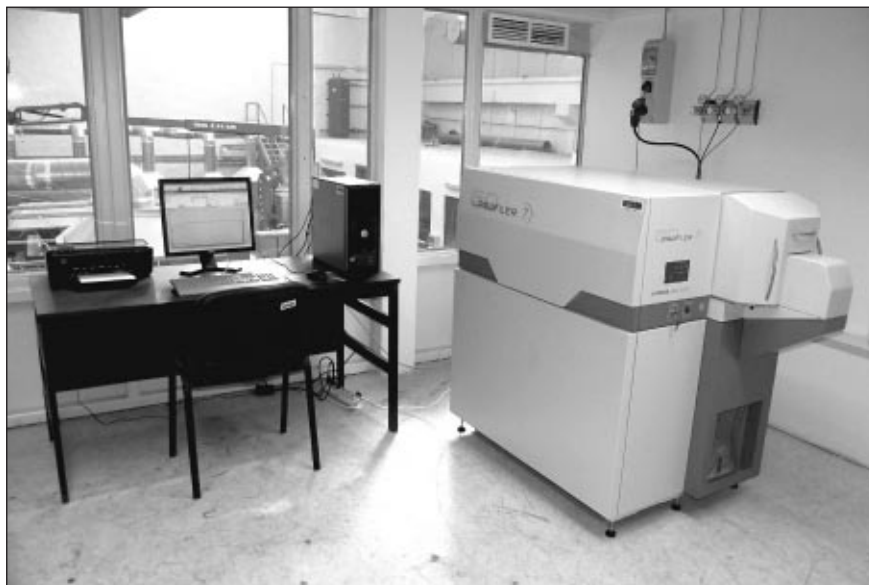
### 3. A laboratóriumi vizsgálatok eredménye

A színeshorganyzási vizsgálatok előtt horganyzási előkísérleteket végeztünk a titánt nem tartalmazó horganyfürdőben. A laboratóriumi kiskemencében horganyzott acél próbalemezek felülete elégtelen mértékű tisztításának egyértelmű jelét tapasztaltuk a 1. ábrán bemutatott GD-OES mélységprofil vizsgálat alapján, ahol a vas–cink belső határfelületnek megfelelő mélységből (a Fe–Zn görbék metszéspontja környezetében) az O, H és C elemek megnövekedett mértékű jelenléte is kimutatható volt. Ennek oka a túl rövid idejű savas oxidmentesítés és/vagy a rosszul kivitelezett vizes öblítés, szárítás, fluxolás (visszarozsdásodás) lehetett. A 2. ábrán ugyanennek a horganyzott próbalemeznek a külső felületéről készített GD-OES mélységprofilját láthatjuk, ahol szembeűnő a csapvízben történt hűtés következtében a felületen szorbeáltan visszamaradt sók kationjainak (Ca, K, Na) a jelenléte, valamint a szerves felületi szennyezésnek tulajdonítható szén (C) csúcs. A külső felülettől néhány száz nm-rel beljebb indikált kisebb O, H, (C) koncentráció-maximumok pedig a hosszabb idő (kb. egy hét) alatt a laboratórium nedves levegőjében kialakult átalakulási (korróziós) cinkvegyület (cink-oxid-hidroxid-karbonát) termékeknek tulajdoníthatók.

A gondosan tisztított vékony acél próbalemezeket a tiszta cinkolvadékba mártva másodpercek alatt megindul a szilárd vas–cink intermetallikus vegyületek képződése a határfelületen, az erre tapadt cinkolvadék réteggel együtt emeljük ki, azután a lemezeket. A bevonat teljes megszilárdulása utáni jellegzetes Fe–Zn arány változását valóságként mutatja a 3. ábra, amelyen a külső felület enyhe oxidáltsága is megfigyelhető. Ez a felületi vékony oxidfilm tehát gyorsan kialakul a levegővel vagy vízzel érintkezésbe kerülő, frissen horganyzott mintalemezekon.

### 4. Színeshorganyzott próbalemezek vizsgálata

A titánnal ötvözött cinkolvadékba mártott próbalemezekon kiépült bevonatok enyhén rücskös felületűek lettek, mivel



■ 1. kép. A Metallurgiai és Öntészeti Tanszéken újonnan rendszerbe állított GD-OES nagyberendezés

1. táblázat. A tanszék GD-OES berendezésének főbb műszaki adatai

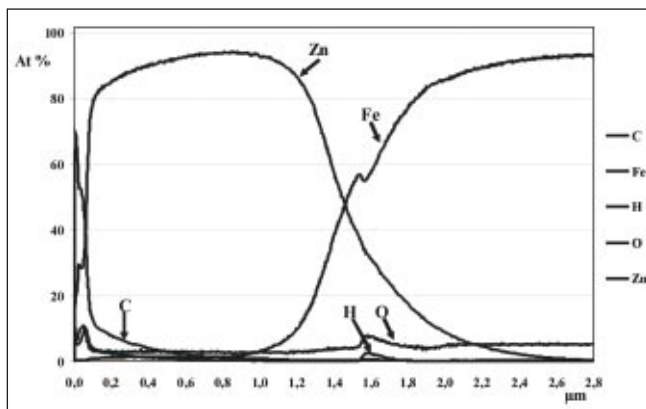
A HORIBA Jobin Yvon GD PROFILER 2 spektrométer főbb műszaki adatai	
<b>POLIKROMÁTOR</b>	
Optikai rendszer	Paschen-Runge típusú polikromátor max. 46 csatornával
Csatornák, elemek	H, O, Cl, Fe, Mg, N, OH, C, Nb, Cu, Ag, Zr, Ni, Co, P, Ta, Ti, Fe, Sn, Mo, Ca, Al, V, Ga, Cr, W, CH, Pb, In, Ba, Cd, As, Zn, Au, B, Cu, Mn, Cr, S, Si, Na, Bi, Li, F, K, Fi *
Fókusz távolság	0,5 m
Diffrakciós rács	2400/mm
Optikai felbontás	18–25 pm minden elemre
Spektrum tartomány	110–800 nm
Optikai rendszer atmoszférája	Nitrogén
<b>MONOKROMÁTOR</b>	
Optikai rendszer	Czerny-Turner típusú monokromátor, HR 640
Fókusz távolság	0,64 m
Optikai rendszer atmoszférája	Nitrogén
Vizsgálható könnyű elemek	N, O, Cl, H, C
Plazmagerjesztés	RF, 13,56 MHz
Anód átmérője	4 mm (standard)
Mélység profilelemzés	> 0,1 mm
Koncentráció tartományok	100 % - 0,0001 % (elemektől függően)
Számítógépes rendszer	Quantum XP, HDD érzékelők

\* Fi: a detektorokra jutó teljes fényintenzitás

az olvadékból kiemelt darabokról szándékosan nem húztuk le az olvadék „felleslegét”. Ez a GD spektrométerre történő felfogásukban is kisebb nehézséget okozott, de az egyértelműen megállapítható volt, hogy a megszilárdult cinkötözet bevonatban a titán a külső felületrészen kismértékben dúsult, és a felületi oxidfilmnek is egyik alkotója lett (4. ábra).

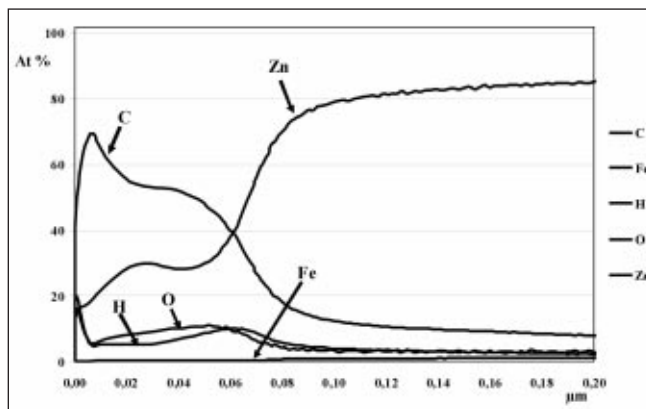
### 5. Összegző értékelés

A tűzhorganyzott acéllemezen a cink a forró horganyfürdőből való (min. 450 °C-os) kiemelés után és a levegőn való lehűlés közben megszilárdul, s mivel kémiai reakcióképessége nagy, közben a levegőben jelen lévő reakcióképes gázokkal (oxigén, víz, széndioxid) is azonnal reagálni fog. A lehetséges reakciótermékek közül a korrózióvédelmi célra alkalmazott horganyzott



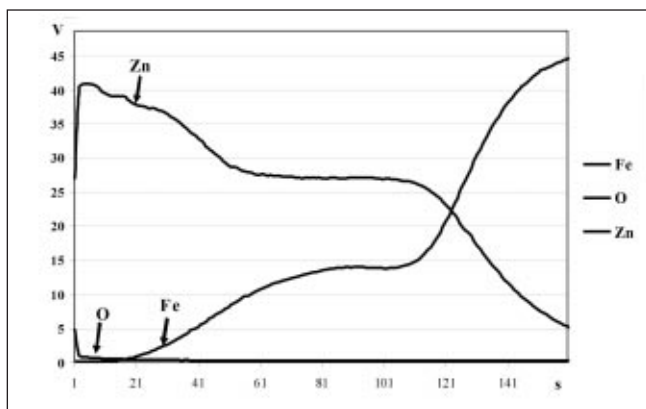
■ **1. ábra.** Félkvantitatív mélységprofil-elemzés tűzihorganyzott acéllemezben. A feltüntetett elemi összetevők (atom-%-ban) a bevonatban: vas (Fe), cink (Zn); továbbá oxigén (O), hidrogén (H), szén (C).

(A vízszintes tengelyen  $\mu\text{m}$ -ben feltüntetett mélységadatok is csak közelítő értékek.)

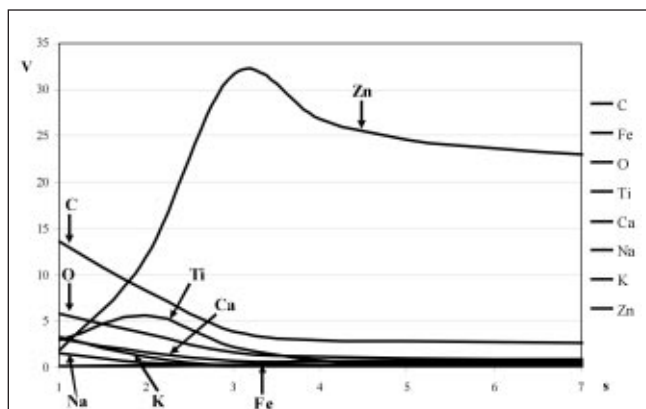


■ **2. ábra.** A 2. ábrán feltüntetett mélységprofil külső határfelületének félkvantitatív elemi összetevői atom-%-ban: Zn, O, H, Fe, C bármilyen korrekció nélkül.

(A vízszintes tengelyen  $\mu\text{m}$ -ben feltüntetett mélységadatok is csak közelítő értékek.)



■ **3. ábra.** Horganyfürdőbe való mártással tiszta cinkkel bevont acéllemez kvalitatív mélységprofilja. (Horganyzás hőmérséklete:  $470^\circ\text{C}$ , be-mertési idő: 5 s, hűtés: levegőn). A vízszintes tengelyen az argonplazma behatolási/porlasztási mélységével arányos vizsgálati/gerjesztési idő másodpercben, míg a függőleges tengelyen a kiválasztott elemek detektorai által mért intenzitások Voltban.



■ **4. ábra.** Egy titánnal ötvözött horganyfürdőben bevont minta kvalitatív GD-OES felvételének első 10 másodperce.

A horganyzott próbalemez külső felületén az oxidos fázisok (Zn-Ti-O) mellett kisebb mértékű egyéb felületi szennyezés nyomai (Ca, K, Na, C, O) is kimutathatók voltak.

(A tengelyeken a jelölések ugyanazok, mint a 3. ábrán.)

acéltermékek esetében hosszabb természetes igénybevétel (atmoszférikus körülmények) mellett folyamatosan újraképződő ún. cinkpatina ( $\text{Zn}_5(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_2$ ) korróziós termék termodinamikai szempontból az egyik legstabilabb cinkvegyület. Viszont a mi kísérleti körülményeink között (esetenként vízzel való hűtést is alkalmazva) a titánt is tartalmazó cinkbevonatos acél próbalemezeknek a felületállapota, különösen röviddel a bevonás után, ettől jócskán eltérő kell legyen.

Qui, Persson és Leygraf [4] például a közelmúltban kísérletileg is bizonyította, hogy  $20^\circ\text{C}$ -on és 90%-os relatív nedveségtartalmú levegőn a tiszta cink felületén kezdetben – egyenletes felületi nukleációt követően – csak tiszta ZnO film (72

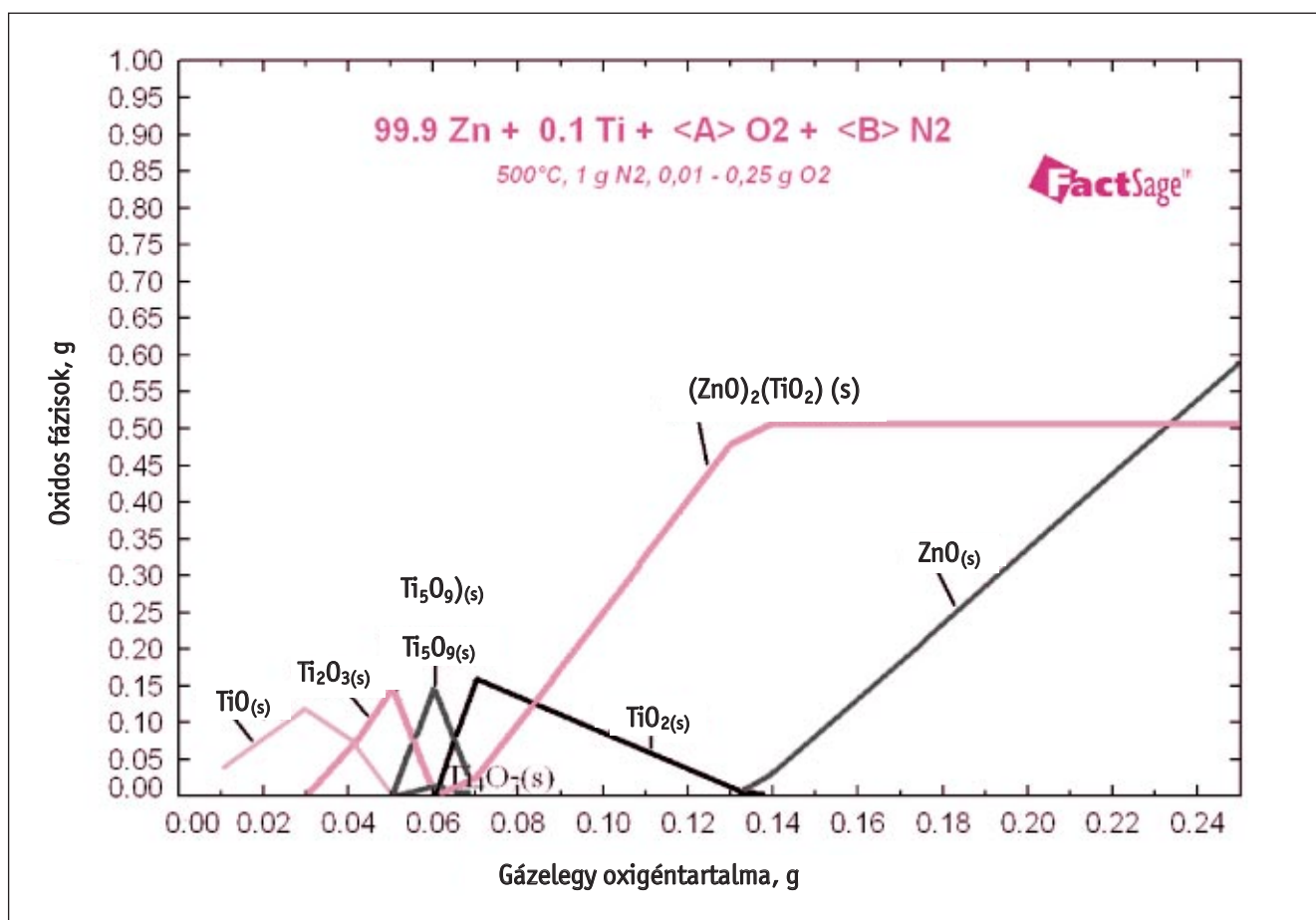
óra alatt mintegy 50 nm-es átlagos vastagságban) keletkezik, melynek a növekedési sebessége az ún. logaritmus törvény szerinti. Tűzihorganyzott és azzal rokon bevonatképzési technikákkal képzett cinkbevonatok oxidációs termékeit magasabb hőmérsékleten Vourliás és társai [5] vizsgálták, és  $400^\circ\text{C}$ -os levegőn is zömében csak a ZnO-t tudták kimutatni a horganyzott minták felületén.

A kis mennyiségben (0,1%) titánt is tartalmazó,  $500^\circ\text{C}$  hőmérsékletű cinkbevonatokkal érintkező, és a levegő két fő alkotóját, az oxigént és a nitrogént változó mennyiségben tartalmazó gázkeverékek hatására termodinamikai számítások alapján is számba vehető a legvalószínűbb, felületen képződő oxidok. Ilyen számítá-

sok [6] eredményét foglaltuk össze a 5. ábrán.

A 5. ábrán összegzett egyensúlyi termodinamikai számítások eredménye azt mutatja, hogy a kis mértékben titánnal ötvözött horganyolvadék felületén, a vizsgált hőmérsékleten és növekvő mennyiségű oxigén jelenlétében, többféle titán-oxid is képződhet. Nagyobb oxigénfelesleg mellett – tehát például levegőn is – titán-dioxid, cink-oxid-titán-dioxidok, vagyis cink-titanát spinellek, továbbá tiszta cink-oxidos fázisok is keletkezhetnek.

A bevonattechnikai, illetve festékipari gyakorlatból is jól ismert, és egyébként a legkiválóbb minőségű fehér pigmentként nagyon elterjedten használt  $\text{TiO}_2$  (rutil) vegyületen kívül a titánnak számos színes



■ 5. ábra. Növekvő oxigéntartalmú N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> gázelegyben keletkező titán-oxidok és cink-oxid egyensúlyi fázisok mennyisége 500 °C-on, a jelölt Zn-Ti-N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> anyagmennyiségekből kiindulva és egyensúlyi termodinamikai számítások alapján meghatározva

szuboxidja is van [7]. Ez utóbbiak közül például a monoxidja (TiO) aranyárgás, a trioxidja (Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) lila, míg a pentoxidja (Ti<sub>5</sub>O<sub>9</sub>) fekete.

A látható fény hullámhosszával összemérhető, vagyis nagyon vékony titán-dioxidos filmek (például a titán felületén anódos oxidációval is kialakítható vékonyrétegek [8]) viszont jellegzetes interferencia színeket adnak, melyek tónusa a megvilágítás körülményeitől és az érzékelő személy színérzékelésétől is függ. A „titánoxidos felületek” színe tehát sokféle lehet, de a titánnal néhány tizedszázalékos mértékben ötvözött horganyolvadékkal bevonatolt próbalemezeink, a vizsgált körülmények között, azaz a beállított viszonylag szűk paraméter tartományokban (hőmérséklet, hűtés módja, Ti ötvöztartalom) viszonylag egyöntetűen, csak a halványárgás felületi színeződést mutatták. Ezt a sárgás színeződést kiváltó alapvető ok pedig – a GD-OES vizsgálatok eredményével is összhangban –, egyértelműen a felületi összetett vegyületfilm titánban dúsult voltának köszönhető.

Mindemellett a fentiekben ismertetettekkel – egyébként egy kidolgozás alatt lévő doktori témához is kapcsolódóan –, azt is igyekeztünk bemutatni, hogy a GD mélységprofil-elemzéssel akár a nanométeres tartományokba eső felületi szennyezések, akár az összetett, sokkomponensű bevonatok vagy tömbi anyagok elemi összetevőinek mélység szerinti eloszlása is gyorsan, megfelelően nagy érzékenységgel és eredményesen vizsgálható a tanszéken újonnan rendszerbe állított korszerű GD OES spektrométerrel.

#### Irodalom

- [1] Q. C. Le – J. Z. Cui: Investigation on colourisation regularity of colouring hot dip galvanisation processing. Surface Engineering, 24(1) (2008) 57–62.
- [2] Csanády Andrásné Dr. – Dr. Cserhádi Csaba: Az acéllemez és horganyfürdő között lejátszódó fázisképző folyamatokról és az intermetallikus réteg tulajdonságait befolyásoló paramétereiről. Tanulmány (2003) [http://www.bayzoltan.org/bzaka/bzaka\\_files/](http://www.bayzoltan.org/bzaka/bzaka_files/)

File/Bayati/Munkatarsakhoz/tanulmany090423.pdf3

- [3] J. D. Culcasi – P. R. Sere – C. I. Elsner – A. R. Di Sarli: Control of the growth of zinc-iron phases in the hot-dip galvanizing process. Surface and Coatings Technology, 122 (1999) 21–23.
- [4] P. Qiu – D. Persson – C. Leygraf: Initial Oxidation of Zinc by Humidified Air. J. Electrochem. Soc. 156(3) (2009) 81–86.
- [5] G. Vourlias – N. Pistofidis – K. Chrissafis – G. Stergioudis: Zinc coatings for oxidation protection of ferrous substrates. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 90(3) (2007) 769–775.
- [6] Dr. A. Enderszámítása a FactSage termodinamikai szoftverrel. Szóbeli konzultáció, Miskolci Egyetem, 2010. március.
- [7] C. Hauf – R. Kniep – G. Pfaff: Preparation of various titanium suboxide powders by reduction of TiO<sub>2</sub> with silicon. Journal of Materials Science 54 (1999) 1287–1292.
- [8] Tóth Pál – Török Tamás: Anódos titán-dioxid vékonyrétegek: vizsgálat, modellezés és fejlesztés. BKL Kohászat, 142(5) (2009) 23–29.



## A MAL Zrt. teljesíti a REACH előírásait

Az Európai Unió 2007. június 1-jén új vegyianyag szabályozást léptetett hatályba REACH néven (*Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals*), vagyis a vegyi anyagok bejegyzéséről, értékeléséről, engedélyezéséről szóló jogszabályt. Az új törvény hivatott felváltani azt a korábbi közel 40 irányelvet, amelyek a vegyi anyagokra vonatkoztak, ezáltal egyszerűsítve az EU területén az anyagokkal való kereskedelmet. (Az USA-ban és Japánban már korábban megszülettek a hasonló rendelkezések).

A törvény elsődleges célja az emberi egészség és a környezet védelme, a felhasználások szabályozása, az ipar versenyképességének növelése. Az anyagok-ról való ismeretek megszerzését, a fel-

használásokért való felelősségvállalást az iparra helyezi. Minden anyagra egységes eljárásrendet vonatkoztat, és meghatározza a vizsgálati követelményeket, veszélyességük szerint csoportosítva az anyagokat.

2008. december 1-je után már csak azok az anyagok gyárthatóak, forgalmazhatóak az EU területén, hozhatóak be annak területére, amelyeknek előregisztrációja megtörtént, vagy ennek hiányában regisztrálva lettek az Európai Vegyianyag Ügynökségnél.

Gyártott vagy forgalmazott mennyiségtől függően három szakaszban történik a regisztráció, 2018-ig a törvényalkotó szándéka szerint minden vegyi anyag a REACH-rendelet alapján kerül dokumentálásra.

A rendeletnek való megfelelés eljárásrendje hatalmas terhet ró az ipari szereplőkre mind adminisztratív, mind anyagi oldalról. A vizsgálatok elvégzése, az eredményeik dokumentálása, a regisztrációs dossziék összeállítása és a regisztrációs díj anyagonként és gyártónként akár 20–25 E euró is lehet.

A MAL Zrt. határidőre elvégezte minden általa gyártott anyag előregisztrációját, szándékában áll a regisztrálás, melynek érdekében konzorciumi tagssággal rendelkezünk és folyamatos kommunikációt folytatunk vevőinkkel, hogy teljes körűen biztosítani tudjuk további zavartalan ellátásukat.

**Oravecz Zsuzsanna**  
REACH munkatárs

## ■ MÚZEUMI HÍREK

## Múzeumok éjszakája az MMKM Alumíniumipari Múzeumban

Az elmúlt évek költségvetési hiányában sikertelen kísérletezései után az idén, 2010-ben a székesfehérvári önkormányzat, illetve Brájer Éva képviselő asszony hathatós segítségével köszönhetően megvalósult a Múzeumok éjszakájára tervezett programunk. Csatlakozhattunk a városi programsorozathoz, így 12-re bővítve azon városi kiállítóhelyek számát, amelyek ezen az estén, éjszakán nyitva tartottak.

Néhány szót az előzményekről. 2009 őszén az Alcoa-Köfém Kft. Hengermű és Öntöde gyáregysége által szervezett szakmai továbbképzésnek adott helyet az Alumíniumipari Múzeum. A képzés során alakult ki a kapcsolat a Múzeum és Jakab János között, akiről kiderült, hogy „művészi” vénával rendelkezik. Előző munkahelyén és hobbi szinten is foglalkozik fémöntéssel. Ennek eredményeként igen tekintélyes kisplasztika, plakett és különféle dísz tárgy gyűjteménye van (1. kép). Akik ismerték ezt a gyűjteményt, régóta tervezték megmutatni a nyilvánosságnak, hogy mások is lássák, milyen nagyszerű dolgokat lehet alkotni munkahelyen kívül, a szabadidő hasznos eltöltésével. Innen egyenes út vezetett a Szent Iván napi éjszaka (június 19., Múzeumok Éjszakája) programjának kialakításához, időszaki kiállítás keretében Jakab János öntvényeinek, öntőszerszámainak bemutatásához s öntéshez a csillagos éjszakában (2–3. kép).

Az ünnepélyes keretet az OMBKE területi szervezetének képviselői adták,



■ 1. kép. Részletek Jakab János gyűjteményből



■ 2. kép. Öntőforma készítés



■ 3. kép. Éjszakába nyúlt az öntés

egyenruhában énekelve a régi diákénekeket. Kellemes színfoltja volt a rendezvénynek, hogy minden látogató megkóstolhatta a krampampulit, a hagyományos diák-italt.

A programok sikeres megvalósításához szükség volt egy átfogó, szervezett kampányra, amelynek segítségével mozgósítani tudtuk azokat a családokat, baráti társaságokat és minden érdeklődőt, akik eljöttek a rendezvényünkre.

Az udvari, szabadtéri öntéshez az Inter-Metalex Kft. biztosította az alapanyagot, míg az öntőformákat a Nehéz-fémöntőde Kft.-től kaptuk. Volt köztük Petőfi Sándor plakett, Székesfehérvár címer, Örkör kulcstartó embléma stb.

Fél hat körül kezdtek szállingózni a látogatók, rövid időn belül tele lett az udvar. Jakab János és két segítőtje alig győzte a formák előkészítését, öntését, amibe bevonták a látogatókat is, akik közül sokan nagyon ügyesen dolgoztak. Aki akarta, le is önthette saját maga a kész formát, majd ki is dolgozhatta, s a legvégén pedig bronzhatású festékekkel be is fújhatta – ennek a gyerekek örültek a legjobban. Éjfél körül ment el az utolsó látogató.

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Székesfehérvári területi csoportja aktív részvételével örömmel támogatta a

rendezvényt. Az Alcoa-nál dolgozó és a városban élő kohászok, a diák hagyományokat ápoló aktív és nyugdíjas tagjaik, barátaik "vették az adást" a felhívásra/felkérésre, és összejöttek egy kellemes esti baráti beszélgetésre, sörözésre, kohász/öntész/bányász nóták éneklésére a múzeum udvarán. (4. kép)

A fellépés sikeres volt, hisz régi dalaink felcsendülése után nagy tapsot kaptunk. Nagyon jó volt látni a rengeteg érdeklődőt a múzeumban és a kiállításon. Itt ismét találkoztak azok, akik művelői még ma is a szakmának és őrzik a hagyományokat, illetve azok, akik szívesen emlékeznek vagy hallottak róla, továbbá azok, akiknek valamikor kötődésük volt ehhez az ipárgához, az alumínium gyártáshoz.

Az Alumíniumipari Múzeum új múze-

umpedagógiai gyermekprogramját, az ALUGO-t is bemutatta, amely a gyermekek interaktív nevelését segítő oktatási módszer hulladék alumínium újrahasznosításával. Kreatív felnőtteknek is hasznos időtöltés, több apuka-anyuka kipróbálta.

Az egész rendezvényre jellemző volt az a szakmai összefogás, amit minden műszaki rendezvény szívesen fogadna. Az Alumíniumipari Múzeum programját 530 fő látogatta meg. A délutáni gyermekfoglalkozás és az esti öntészeti bemutató éjfélig ébren tartotta a bemutató „legénységét.”

Bízunk benne, hogy ez a jól sikerült rendezvény nem csak egy egyszeri alkalom volt, hanem a jövőben is legalább ilyen széleskörű érdeklődésre számíthatunk.

✍ Kovács Istvánné, Simon László,  
Jakab János



■ 4. kép. OMBKE tagok rögtönzött dalárdája

PÁLMAI ZOLTÁN

## Módszer fémek speciális anyagjellemzőinek közelítő meghatározására nagy, gyors deformáció extrém körülményei között

A különböző alakítási technológiák gyakori közös jellemzője az, hogy a deformáció viszonylag keskeny nyírási zónába koncentrálódik. Ezekben a zónákban az anyag viselkedését csak speciális anyagjellemzőkkel lehet leírni, amelyek meghatározása nehéz, költséges. A forgácsolás ismert elméletére és fejlett mérés technikájára alapozva új módszert dolgoztunk ki ezeknek a speciális anyagjellemzőknek viszonylag egyszerű és olcsó meghatározására. Ehhez továbbfejlesztettük korábbi dinamikus technológiai modellünket, amelyet evolúciós és eltolásos differenciálegyenletek írnak le. Alkalmazási példaként 13% krómtartalmú acélnál  $T \approx 520 - 555^\circ\text{C}$ ,  $\gamma = \varepsilon_\phi$ ,  $\approx 2,6 - 2,8$   $\dot{\gamma} = \dot{\varepsilon}_\phi \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  esetén a termikus lágyulás  $\kappa \approx 0,98 \pm 0,016 \text{ MPa/K}$ , az alakítási sebességérzékenység konstansa  $k \approx 0,034 \pm 0,009$  és az alakítási keményedés exponense  $n \approx 0,17 \pm 0,005$ .

### 1. Bevezetés

A fémek különböző alakítási technológiáinál a nyírási alakváltozás gyakran erősen lokalizált rétegbe koncentrálódik, amelyet extrém nagy alakváltozás, alakváltozási sebesség, gyors és jelentős mértékű felhevülés jellemez. Az ilyen technológiai folyamatok matematikai modellezésének fő nehézsége az, hogy a konstitutív egyenlethez az extrém feltételeknél érvényes anyagjellemzők szükségesek, amelyek meghatározásához drága célberendezések, bonyolult mérések szükségesek.

A forgácsolástechnológia, amelynek sok évtizedes kutatásokkal megalapozott elmélete, széles körben hozzáférhető mérési technikája van, a speciális anyag-

jellemzők viszonylag gyors, a speciális feltételeket figyelembe véve egyszerűnek tekinthető meghatározására kínál módszert. A forgácsolásnál nagy az alakváltozás ( $\gamma = 2-50$ ) és ennek sebessége ( $d\gamma/dt \approx 10^4 \text{ s}^{-1}$ ), jelentősen megnő a deformált anyag hőmérséklete ( $T \approx 350-600^\circ\text{C}$ ), amelyet igen gyorsan ér el ( $dT/dt = 10^6 \text{ K/s}$ ). Az ilyen technológiai folyamatokra korábban matematikai modellel dolgoztunk ki, az

Arrhenius-típusú konstitutív egyenlettel [1], ahol  $\alpha$  a termikus lágyulásra,  $b$  az alakítási sebességérzékenységre,  $n$  pedig az alakítási keményedésre jellemző konstans, továbbá  $\varepsilon_\phi$ ,  $T_\phi$  az egyenletes vastagságú forgács (ún. folyóforgács) keletkezésénél a nyírási zónában kialakuló deformáció ill. hőmérséklet.

A matematikai modell rutinszerű forgácsolástechnikai mérésekkel kombinálva alkalmas az ilyen extrém körülményekre vonatkozó anyagjellemzők relatív gyors, egyszerű meghatározására.

A forgács képződésének döntő mozzanata egy deformációs zóna kialakulása a munkadarab és a forgács között (1. ábra, 1), amelyben az anyag képlékeny nyíró deformációja dominál. Ez a folyamat a technológia teljes energiaigényének mintegy 4/5 részét igényli [2], a maradék, főleg a szerszám és a forgács közötti súrlódás (1. ábra, 2) leküzdéséhez szükséges. Eddigi modelljeinknél [3, 4, 5, 6] a súrlódást elhanyagoltuk, és a  $\phi = \alpha$  egyszerűsítő feltételezést alkalmaztuk.

$$F(\gamma, \tau, T) = F(t) = \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\varepsilon}_\phi} = \frac{T+1}{T_\phi+1} \exp \frac{\tau - \frac{1+\varepsilon_\phi^n \dot{\gamma}^n}{1+\varepsilon_\phi^n} + a(T-T_\phi)}{b(T+1)} \quad (1)$$

**Dr. Pálmai Zoltán** okl. gépészmérnök, okl. hegesztő szakmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa és egyetemi doktor. Dolgozott az Őzdi Kohászati Üzemekben technológiai és kutatási főosztályvezetőként, a Vasipari Kutató Intézetben tudományos igazgatóként, 1987-től 2004-ig a Budapesti Műszaki és Közgazdasági Egyetem innovációs parkjának igazgatója volt. 1965/66-ban tanársegéd a Miskolci Egyetem Mechanikai Tanszékén, 1973-tól 1983-ig a Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszékének, utána a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszékének docense, majd címzetes docens. Kiterjedt műszaki-tudományos és kutatásszervezési tevékenységet folytatott. Három elfogadott szabadalom tulajdonosa, hat szakkönyv szerzője ill. társszerzője, több mint 80 szakkikket publikált magyar, angol, német ill. orosz nyelven.



Kezdetben a  $\delta$  vastagságú nyírási zónát egyetlen deformációs sávnak tekintettük [3]. Ezt követően a modellben a munkadarab és a nyírási zóna közötti kétirányú hőenergia-áramlás leírásához a 2. ábrán pontozással jelölt, szintén  $\delta$  vastagságú sávot tételeztünk fel, amely azonban merev, mint a munkadarab és a szerszám, és a deformáció szempontjából inaktív, csak a hőenergia-folyamatokban vesz részt. A nyírási zónát két deformációs sávra osztottuk [4, 5], majd három, ill.  $N$  sávot alkalmaztunk [6].

A modellek diszkussziója azt mutatta, hogy stabil folyamatok esetén, azaz folyóforgács vagy periodikusan nyírt, lamellás forgács képződésénél mindig csak az egyik deformációs réteg aktív, a másokban vagy a többiben a deformáció elhanyagolhatóan kicsi. Ezért ebben az új modellben visszatérünk az egy deformációs réteghez, viszont az inaktív réteg termikus visszacsatolásánál figyelembe vesszük a tömeg- ill. energiaáramlások időbeli eltolódását.

## 2. A termoplasztikus instabilitás hatása

A 2. ábrán látszik, hogy a nyírási zónában a deformáció nagy nyomás alatt következik be. Az ilyen igénybevétel hatását már régen tanulmányozták [7], egy jellegzetes  $\tau - \gamma$  karakterisztikát a 3. ábra mutat. Az alakítási keményedés hatására a  $\tau$  először nő, majd a termikus lágyulás miatt gyorsan csökken. A  $\tau - \gamma$  görbének tehát egy maximuma van, amelynek környezetében instabil a folyamat. Ez az ismert termikus instabilitás, amelynek hatása a forgácsok képződésénél is megfigyelhető. Abban az esetben, ha  $\varepsilon_\varphi < \gamma_m$ , folyóforgács keletkezik, ha  $\gamma_m < \varepsilon_\varphi$ , periodikus a folyamat, kis és nagy deformáció váltakozik. Ez a lamellás forgács. Közben,  $\varepsilon_\varphi \approx \gamma_m$  környezetében aperiodikus, kaotikus a forgács. Dinamikus termomechanikus modellünknek ezeket a specifikumokat kellett leírnia [3, 4, 5, 6].

### 3. A forgács képződésének új modellje

Az 1. ábrán látható, hogy  $\phi \neq \alpha$ , ezért a

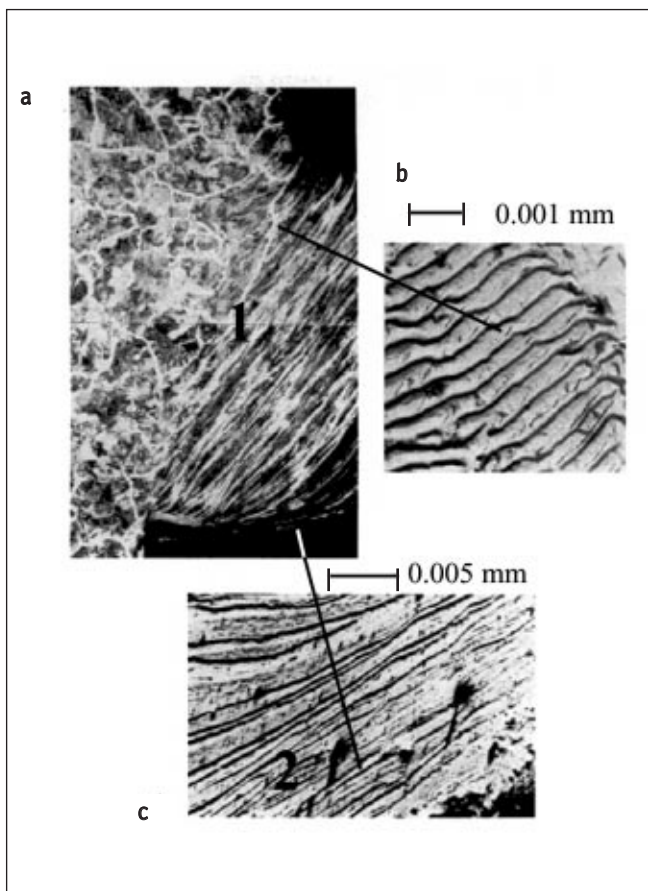
korábban levezetett egyensúlyi egyenletet [1] módosítani kell. A forgácsolás elméletének ismert képletei szerint folyóforgács keletkezésénél a nyírási zónában a szögtorzulás tangense  $\varepsilon_\phi = \cos \alpha / \sin \phi \cos(\phi - \alpha)$ , a deformáció sebessége pedig  $\dot{\varepsilon}_\phi = v \cos \alpha / \cos(\phi - \alpha)$  [2].

A 2. ábra erődiagramja alapján

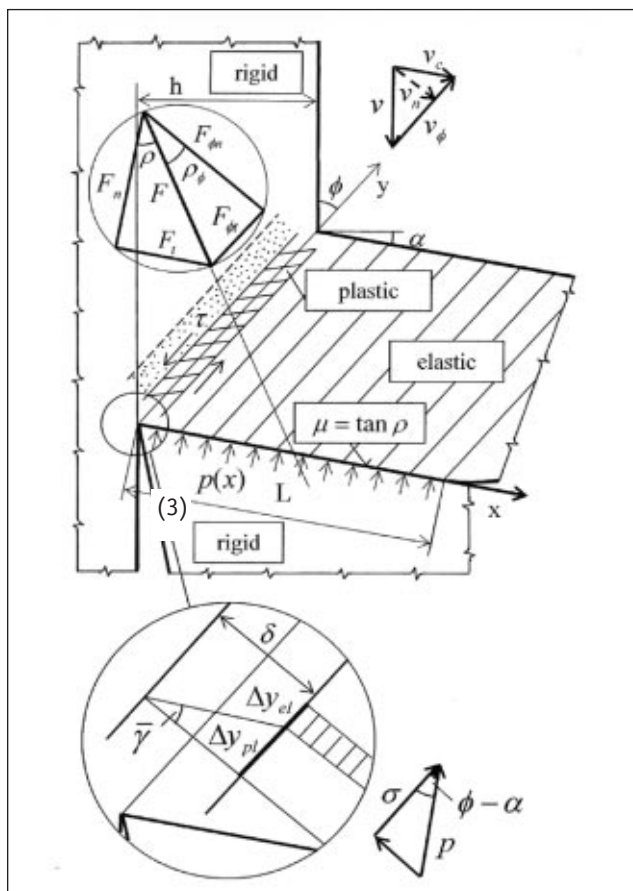
$$F_{\text{ex}} = b \int_a^L p(x) dx [\cos(\phi - \alpha) - \mu \sin(\phi - \alpha)] = \tau \frac{bh}{\sin \phi} \quad (2)$$

A homoklapon a  $p(x)$  nyomás eloszlása  $p \cong p_0 (1 - x / L)^l$  [8], a rugalmas forgásban keletkező nyomófeszültség pedig  $\sigma = p \cos(\phi - \alpha)$ . Ezek felhasználásával – a részleteket mellőzve – a  $\tau$  nyírófeszültség idő szerinti deriváltja (differenciálhányadosa) kiszámítható. A nyírási zóna környezetében [9] szerint  $v_\phi = v \cos \alpha / \cos(\phi - \alpha) = \dot{\gamma}_{pl} + \dot{\gamma}_{el}$ , ahol  $\dot{\gamma}_{pl} = \delta \dot{\gamma}_{el}$  és  $\dot{\gamma}_{el} = h\dot{\sigma} / E \sin \phi$ . Behelyettesítések és átrendezés után

$$\dot{\tau} = \frac{ELv \sin^2 \phi \cos \alpha}{h^2(l+1) \cos(\phi - \alpha)} [1 - \mu \tan(\phi - \alpha)] \dot{\sigma} \quad (3)$$



■ **1. ábra.** Deformáció a forgácsképződésnél



**2. ábra.** A forgácsképződés új egyszerűsített technológiai modellje

Dimenzió nélküli alakra átvérve, ha  $\hat{\tau} = \tau / \tau_\phi$ , ahol  $\tau_\phi$  a nyírófeszültség folyóforgács keletkezésénél és  $\hat{t} = t / K$ , ahol  $K$  az időlépték, a továbbiakban mellőzve a dimenzió nélküli jelet, az egyensúlyi egyenlet (1)-et felhasználva változatlanul

$$\dot{\tau}(t) = 1 - F(\tau, \gamma, T) \quad (4)$$

$$K = \frac{(1+l)\tau_\phi h^2 \cos(\phi - \alpha)}{E.L.v. \sin^2 \phi \cos \alpha} \cdot \frac{1}{1 - \mu \tan(\phi - \alpha)}, \quad (5)$$

Itt a  $K$  a korábbi  $\phi = \alpha$ ,  $l = 0$  feltételezésekkel az [1]-ben kapott  $K = \tau_\phi h^2 / EL \sin^2 \phi \cos \alpha$  alakkal azonos.

Az inaktív réteg energiaegyenlete változatlan. Az [1, 4]-ben részletezett számítás szerint, ha itt is dimenzió nélküli alakra térünk át, ahol  $\hat{T} = (T - T_w) / T_w$  és a továbbiakban itt is elhagyjuk ennek külön jelölését,

$$\dot{T}_0(t) = \zeta [T(t) - 2T_0(t)] - \frac{1}{\delta t} T_0(t), \quad (6)$$

Ebből az inaktív rétegből az anyag mozgásával hő érkezik az aktív rétegbe. Az új modellnél figyelembe vesszük azt, hogy a  $\delta$  rétegvastagságnak megfelelő út megtételéhez  $\delta t$  idő szükséges, ezért az aktív réteg energiaegyenletében ezt a hő-energiát  $T_0(t - \delta t)$  hőmérséklettel, azaz a  $t$ -hez viszonyítva  $\delta t$ -vel korábbi  $T_0$  értékkel számoljuk. Így a pontosított egyenlet

$$\frac{dT(t)}{dt} = \eta \tau(t) \cdot F - \zeta [T(t) - T_0(t)] - \frac{1}{\delta t} [T(t) - T_0(t - \delta t)], \quad (7)$$

ahol

$$\zeta = \frac{4K\lambda}{c.p.\delta^2}, \quad \frac{1}{\delta t} = \frac{K.v.\sin \phi}{\delta},$$

$$\eta = \frac{rK\tau_\phi v \cos \phi}{cp\delta T_w \cos(\phi - \alpha)}, \quad (8/a, b, c)$$

Az [1, 4]-ben,  $\phi = \alpha$  esetre közölt formulától itt csak  $\eta$  különbözik a  $\cos(\phi - \alpha)$  osztóval, a deformációs egyenlet pedig változatlanul

$$\dot{\gamma}(t) = [F(t) - F(t - \delta t)] \frac{1}{\delta t}. \quad (9)$$

Végeredményben a forgács képződésének új modellje az (4), (6), (7) és (9) autonóm differenciálegyenlet, valamint az (1) konstitutív egyenlet. A (4) és (6) evolúciós egyenletnél a kezdeti feltétel

$\tau(0) = 0$ , illetve  $T_0(0) = 0$ , a (7) és (9) eltolásos differenciálegyenleteknél a  $t = 0 \dots \delta t$  időintervallumban  $T(t) = 0$  és  $\gamma(t) = 0$ .

#### 4. A speciális anyagjellemzők meghatározása

Az (1) konstitutív egyenletben a termikus lágyulásra jellemző a konstans [1],

$$a = \frac{\kappa T_w}{\tau_\phi}, \quad (10)$$

ahol a termikus lágyulás  $\kappa = (\tau_\phi - \tau) / (T_\phi - T)$ .

Az alakváltozási sebesség hatását a  $b = ka$  konstans mutatja, ahol  $k$  a MacGregor és Fisher által bevezetett

$$T_{\text{mod}} = T \left[ 1 - k \ln \frac{\dot{\gamma} T_\phi}{T \dot{\epsilon}_\phi} \right], \quad (11)$$

alakítási sebességgel módosított hőmérséklet [10] konstans. Ez az anyag alakítási sebesség érzékenységet jellemzi.

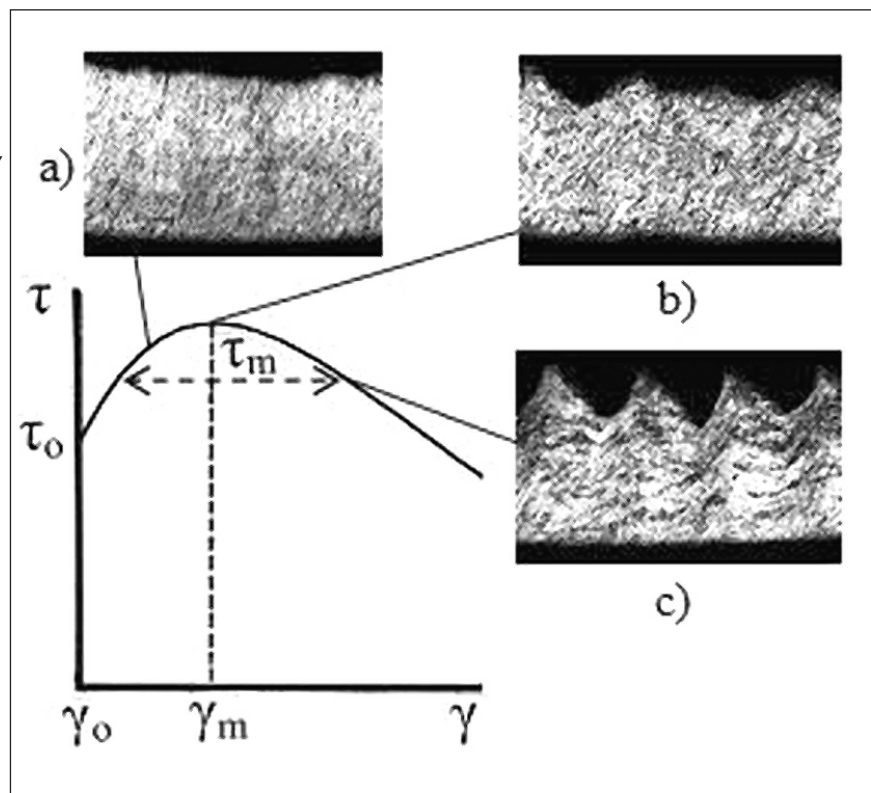
Végül az  $n$  az alakítási keményedés ismert kitevője. Ebben a munkában a Ludwik-formula egyszerűsített alakját alkalmaztuk,  $\tau = \tau_\phi (1 + \gamma^n) / (1 + \epsilon_\phi^n)$ .

A forgácsképződés matematikai modell-

jének  $\eta$ ,  $\zeta$ ,  $\delta t$  rendszerparamétereit a forgácsok vizsgálatával kapható adatokból kiszámíthatjuk. Példaként szolgál a 4. ábrán látható forgács, amely 13% króm-tartalmú acél esztergálásánál keletkezett. A rendszerparaméterek felhasználásával aztán a matematikai modell megoldható. Az (1) konstitutív egyenlet speciális  $a$ ,  $b$  és  $n$  anyagállandóinak kombinálásával pedig olyan megoldásokat kell keresni, amelyeknél a modell kellő pontossággal illeszkedik a forgácshoz.

A (8/a, b, c) képletekből látható, hogy a rendszerparaméterek kiszámításához szükséges a  $K$  időlépték. A forgács képződésének tényleges ciklusideje kiszámítható, hiszen  $t_c = \Delta x / v_c$  (4. ábra), ahol  $v_c = v \sin \phi / \cos(\phi - \alpha)$ . Előzetesen feltételezhető, hogy a modell periodikus megoldásánál a dimenzió nélküli ciklusidő  $\hat{t}_{c0}$ , akkor  $K = t_c / \hat{t}_{c0}$  már kiszámítható. A továbbiakban azok a periodikus megoldások illeszkednek a forgácsra, amelyeknél teljesül a  $\hat{t}_c = \hat{t}_{c0}$  feltétel. Az ilyen megoldások iterációval kereshetők meg. Ezzel a módszerrel a vizsgált anyag speciális anyagjellemzőire egy viszonylag szűk értéktartományt kapunk.

A 4. ábrán látható forgácsnál  $\alpha = -6^\circ$ ,  $\phi = 27,3^\circ$ ,  $\delta = \delta' \cos(\phi - \alpha) = 80 \mu\text{m}$  és



3. ábra. Termoplasztikus instabilitás (b) az egyenletes (a) és a periodikus (c) folyamat között

$r \approx 0,8$ . Így  $\varepsilon_\phi = 2,6$ ,  $\dot{\varepsilon}_\phi = 5,236 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ , és erőméréssel  $\tau_\phi = 950 \text{ MPa}$ . A fizikai anyagjellemzők  $c = 500 \text{ J/kg}$ ,  $\rho = 7900 \text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda = 16 \text{ W/mK}$ ,  $T_w = 300 \text{ K}$ , és  $\hat{t}_\phi \approx r \tau_\phi \varepsilon_\phi / c \rho T_w = 1,67$ ,  $T_\phi \approx 520 \text{ }^\circ\text{C}$ . A számításokat  $\hat{t}_{c0} = 0,8$  feltételezésével végeztük, így  $\eta = 5,163$ ,  $\zeta = 0,391$  és  $\delta t = 0,307$ .

Az  $a$ ,  $b$  és  $n$  variálásával a  $\hat{t}_c = 0,8$  feltétel több esetben teljesül, a modell egyenletrendszerének egy tipikus megoldását az 5. ábra mutatja. A megoldások  $b=0,012$  esetén:  $a=0,30$  és  $0,32$ , ha  $n=0,145$  ill.  $0,185$ ; és  $a=0,31$  esetén  $b=0,007-0,013$ ,  $n=0,181-0,164$  és  $b=0,013$ ,  $n=0,1643$ . Mint látható, meglehetősen szűk az a tartomány, amelyben a  $\hat{t}_c = 0,8$  feltétel teljesül.

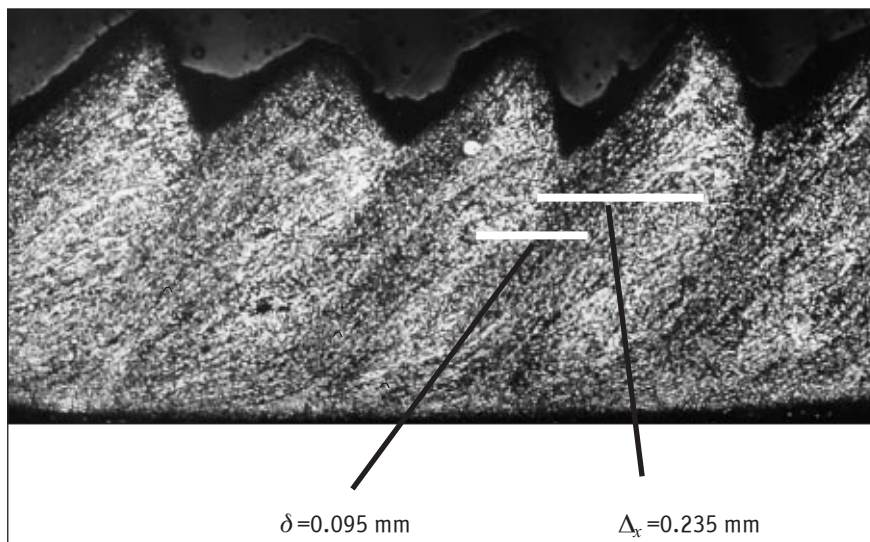
Szűkíthető az  $a$ ,  $b$  és  $n$  intervalluma, ha más sebességgel is előállítunk forgácsot, mint pl. a 6. ábra esetében. Itt aperiodikus forgácsot kaptunk, amelyre a modell egy kaotikus megoldása illeszthető (7. ábra). Nyilvánvaló, hogy a munkadarab anyagára az  $a$ ,  $b$  és  $n$  a két intervallumának közös adathalmaza jellemző, amellyel lényegesen szűkíthetjük a számítás bizonytalanságát.

A lamellás forgácsnál kapott  $a$ ,  $b$  és  $n$  megoldásoknál megvizsgáltuk, hogy a kaotikus forgácsra vonatkozó rendszerparaméterekkel valóban aperiodikus megoldás kapható-e? Amilyen  $a$ ,  $b$ ,  $n$  értékeknél ez bekövetkezett, amint a 7. ábrán látható, azokat tekintettük a vizsgált acél anyagjellemzőinek.

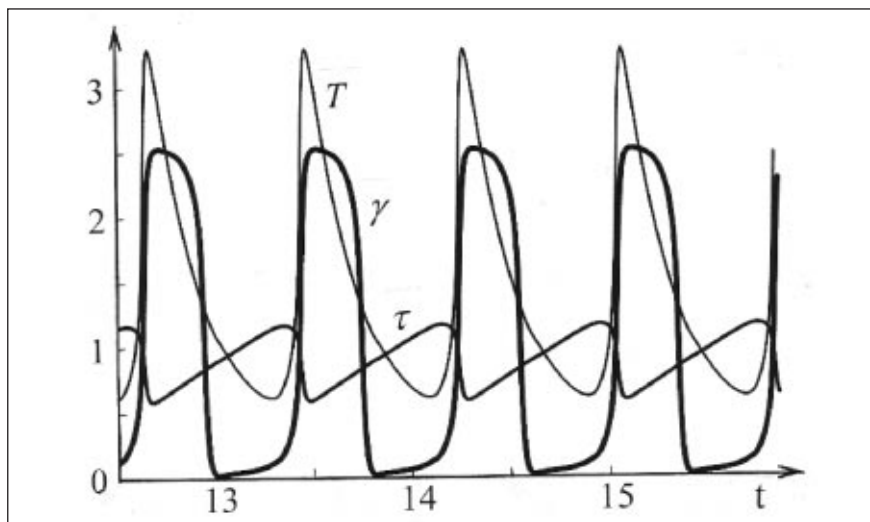
A 6. ábrán látható forgács esetében  $v=0,58 \text{ m/s}$ ,  $\alpha = -6^\circ$ ,  $\phi = 23^\circ$ ,  $\Delta_x = 0,121 \text{ mm}$ ,  $\delta = 60 \mu\text{m}$ ,  $\varepsilon_\phi = 2,8$ ,  $\hat{t}_\phi \approx 1,78$ ,  $\hat{T}_\phi \approx 555 \text{ }^\circ\text{C}$ . A számításokat itt is  $\hat{t}_{c0} = 0,8$  és  $a=0,31$ ,  $b=0,01$ ,  $n=0,1681$  feltételezésével kezdtük el,  $\eta_0 = 4,1$ ,  $\zeta_0 = 2,6$  és  $\delta t_0 = 0,46$  rendszerparaméterekkel. Kaotikus megoldásnál  $t_c$  értékei is ingadoznak, ezért 12 ciklus átlagos  $t_c$  értékét számítottuk, amely  $t_{c1} = 0,7875 \neq t_{c0} = 0,8$  értékre adódott. Ez módosította a rendszerparamétereket is:  $\eta_1 = 4,14$ ,  $\zeta_1 = 2,64$ ,  $\delta t_1 = 0,453$ , amelyekkel meg kellett ismételni a matematikai modell egyenleteinek megoldását. Az eredmény ismét kaotikus lett,  $t_{c2} = 0,756 \neq 0,8$ . Az ismételt számításokkal kapott  $t_c$  sorozat:

$0,8 \rightarrow 0,7875 \rightarrow 0,756 \rightarrow 0,786 \rightarrow 0,7527 \rightarrow 0,7833 \rightarrow 0,7417 \rightarrow 0,8$ . Az utolsó ciklusban  $\eta = 4,39$ ,  $\zeta = 2,804$ ,  $\delta t = 0,4265$  (7. ábra).

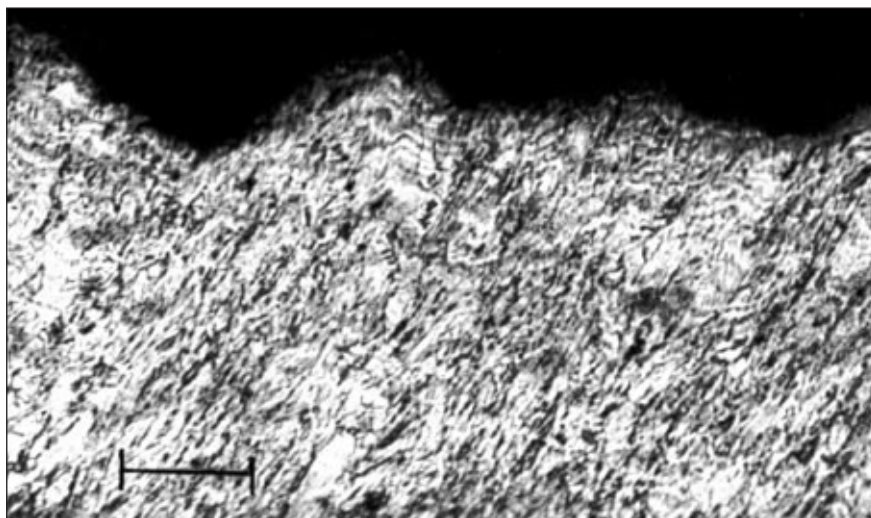
Ezzel a módszerrel az  $a=0,31$ ,  $b=0,008-0,013$  ill.  $n=0,1750-0,1643$



4. ábra. Lamellás forgács 13% Cr-acél esztergálásánál,  $v=3.52 \text{ m/s}$ .

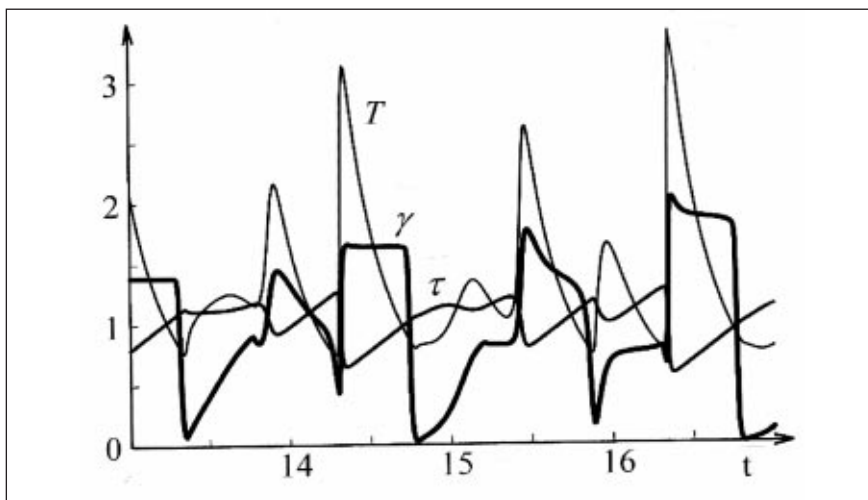


5. ábra. Az új modell periodikus megoldása, amikor  $t_c = 0,8$ ,  $a=0.31$ ,  $b=0.01$ ,  $n=0.1681$ .



6. ábra. Aperiodikus forgács képződése  $v=0.58 \text{ m/s}$  sebességnél.





■ 7. ábra. Az új modell aperiodikus, kaotikus megoldása, amikor  $a=0.31$ ,  $b=0.01$ ,  $n=0.1681$

megoldásokat kaptuk. Az iteráció során kapott  $t_c$  sorozat tehát konvergens volt.

Végeredményben ezek, felhasználva a (10) és a  $k = b/a$  képletet, a vizsgált acél-nál  $T \approx 520-555^\circ\text{C}$  hőmérséklet-intervallumban,  $\varepsilon_\phi = 2,6-2,8$  átlagos deformációnál és  $\dot{\gamma} = \dot{\varepsilon}_\phi \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  nagyságrendű alakítási sebesség körülményei között a következő anyagjellemzők relatív gyors és olcsó közelítő meghatározását tették lehetővé: termikus lágyulás  $\kappa \approx 0,98 \pm 0,02 \text{ MPa/K}$ , az alakítási sebességérzékenység konstansa  $k \approx 0,034 \pm 0,009$  és az alakítási keményedés exponense  $n \approx 0,17 \pm 0,005$ .

## 5. Összefoglalás

A forgács képződésénél a nyírási zónában kialakuló extrém körülmények között az anyag viselkedését új modellel írtuk le. Ez a forgácson mérhető paraméterek és az anyag fizikai jellemzőinek felhasználásával lehetővé teszi, hogy a deformáció speciális anyagjellemzőit, az alakítási keményedés, a termikus lágyulás és az alakítási sebesség hatását kifejező anyagjellemző közelítő értékét viszonylag gyorsan, kis költséggel meghatározzuk.

Végezetül köszönetemet fejezem ki Szirmay Kalos László professzornak a

numerikus módszerek alkalmazásánál nyújtott értékes segítségéért.

## Irodalom

- [1] Pálmai, Z.: Mater. Sci. Forum, Vol. 537-538 (2007), p. 541-548.
- [2] Shaw, M. C.: Metal Cutting Principles, Clarendon Press, Oxford (1984)
- [3] Pálmai, Z.: Mater. Sci. Forum, Vol. 473-474 (2005), p. 369-374.
- [4] Pálmai, Z.: Trans. of the ASME, J. of Appl. Mechanics. Vol. 73. (2006) March. p. 240-245.
- [5] Csernak, G. – Pálmai, Z.: Int. J. Adv. Manuf. Technol (Springer) Vol 40. (2009) p. 270-276.
- [6] Pálmai, Z.: Mater. Sci. Forum, Vol. 589 (2008) p. 335-340.
- [7] Walker, T. J. – Shaw, M. C.: On deformation at large strains. In Tobias, A., Koenigsberger, S. A.: „Advances in Machine Tool Design and Research”. p. 241-252. Proc. of the 10th Int. MTDR Conference, 1969.
- [8] Zorev, N. N.: Razvitie nauki o rezanii metallov. Masinostroenie, Moscow 1967.
- [9] Burns, T. J. – Davies, M. A: Physical Review Letters Vol. 79. (1997) No. 3. p. 447-450.
- [10] MacGregor, C. W. – Fisher, J. C.: Journal of Applied Mechanics 1946. March A-11-A-16.

NAGY PÉTER – HAVASI LAJOS – KÁLAZI ZOLTÁN

## Fűrészlapfogazat lézersugaras kezelése

A szerzők a cikkben bemutatják a szalagfűrészlapoknak, a ffeldolgozó-ipar nagy mennyiségben alkalmazott szerszámainak a legjellemzőbb tulajdonságait. Kiemelik, hogy a szalagfűrészlapok fogazata, annak kopási tulajdonságai alapvetően meghatározzák a szerszámok élettartamát és az egyes élezési ciklusok közti üzemidőt. Mivel e szerszámok élezése és a szerszámok cseréje is jelentős üzemelési költséget ró a felhasználóra, a fogak kopási tulajdonságainak javítása mind üzemidő, mind költség oldalról lényeges megtakarítást eredményez. A szerszámacélok esetében gyakran alkalmazott lézersugaras porszórós felületötvöztetés a szalagfűrészlapok esetében is a vágótéljesítmény és a kopási tulajdonságok javulását eredményezheti.

Nagy Péter a BME Gépészmérnöki Karán diplomázott 2007-ben. Fejlesztőmérnök-ként dolgozott az A-LAP Kft.-nél, majd a BME Anyagtudomány és Technológia Tanszéken. Jelenleg PhD-hallgató, kutatási témái: mikrohegesztések, lézersugaras megmunkálások, bioanyagok.

Havasi Lajos szakmai pályafutását a Technocar üzemvezető-helyetteseként kezdte. Az 1990-es évek elején alapította az A-LAP Kft.-t, amely jelentős hazai gyártó a faipari szalagfűrészlapok terén. Számos műszaki innováció fűződik a nevéhez a szalagfűrészlapok élettartam-növelésében.

Kálazi Zoltán 1991-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet a BME Közlekedésmérnöki Karán. Egyetemi doktori címet szerzett ugyanitt, majd a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológia Intézetbe ment dolgozni, ahol a Lézer technológiai Osztály tudományos osztályvezetője volt.



## 1. A szalagfűrészlapok fogazata

A szalagfűrészlapok a ffeldolgozó-ipar nagy tömegben felhasznált szerszámai. Alapanyaguk általában ötvöztelen, ill. Cr-mal gyengén ötvözött szerszámacél. Az üzemi körülmények közt e szalagfűrészlapok felé jelentős mechanikai, fogazatuk felé pedig jelentős koptató igénybevétel lép fel. Mivel a fogazat kopása a vágóteljesítmény csökkenéséhez és a vágási folyamat stabilitásának elvesztéséhez vezet [1], a fogazatot rendszeres időközönként újraélezzik. A szalagfűrészlapok ilyen irányú karbantartása nemcsak jelentős költséggel, de a szerszámcseré miatt jelentős gépidő-kieséssel is jár.

A fogazat kopási tulajdonságainak javítása érdekében a fogakba keményfém vágólapkát ültetnek be. Az ellenállás-hegesztéssel történő beültetés geometriai korlátai miatt a fogak kopásállóságának ilyen irányú növelése csak vastagabb laptestű fűrészlapok esetén megoldható. Emiatt a keskeny, és egyben vékonyabb lapok vágóteljesítménye jelentősen elmarad a vastagabb lapok teljesítményétől. A vékonyabb laptestű fűrészlapok esetén a vágórés kialakítása a fogak úgynevezett terpesztésével biztosított, ami a fogak lapsíkból történő kihajlítását jelenti. Ennél a megoldásnál a teljes vágórés szélességet több fogból álló fogcsoport forgácsolja ki a faanyagból. A vastagabb laptestű, stellitlapkás fogazat esetén a beültetett lapka szélessége által biztosított vágórésért egy-egy fog felel, ezzel megsokszorozva a vágóteljesítményt. Ezért a fogazat kopási tulajdonságainak javítása és a keményfém fogazat kialakítása, főként a keskeny szalagfűrészlapok esetén, a vágás jelentős teljesítménynövekedését eredményezheti.

A fogazat kopásállósága és vágási teljesítménye a fogak hegyének megolvasztása és átötvözése a szerszámacélokra jellemző karbidstruktúra kialakításával jelentősen növelhető. Mivel a fogcsúcsok megolvasztását követően a megszilárdult fogcsúcs geometriája a felületi feszültség miatt gömbszerű, az átolvasztott fogcsúcs szélesebb mint a laptest. Így a fogak hegyének átolvasztása az 1 mm vagy annál vékonyabb laptestű szalagok esetén is biztosíthatja, hogy a fogcsúcsokból a teljes, vágórés szélességű foggeometria kialakítható legyen (1. ábra). A fogcsúcsok átolvasztása és ötvözése természetesen mind a vékonyabb, 1 mm alatti mind a vastagabb,



1. ábra. A kezelt acélszalag átötvözött éle

1 mm feletti laptestű fűrészszalagok esetén alkalmazható. A még a vastagabb lapok esetén is jelentősen kis méretű fogcsúcsok ilyen precíziós kezelése lézersugaras átolvasztással és az ötvözők por alakban történő bevitelével kivitelezhető. Az így kezelt fogazat vágási teljesítménye pedig – akár a gyártási költségek csökkenése mellett is – eléri, illetve meghaladja az eddig alkalmazott technológiával készült fogazatok vágási teljesítményét.

## 2. Felületötvözési kísérletek

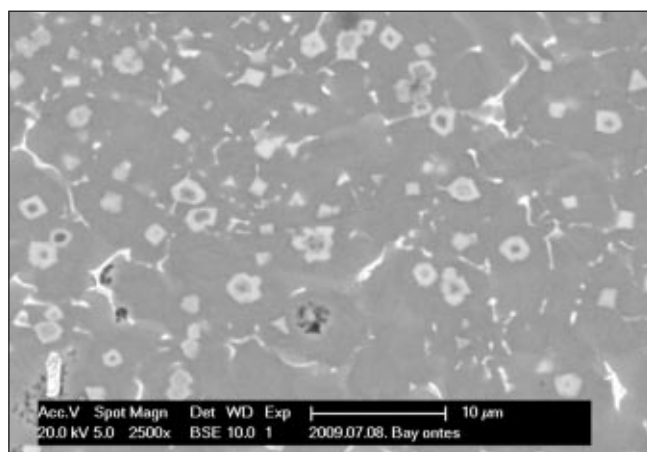
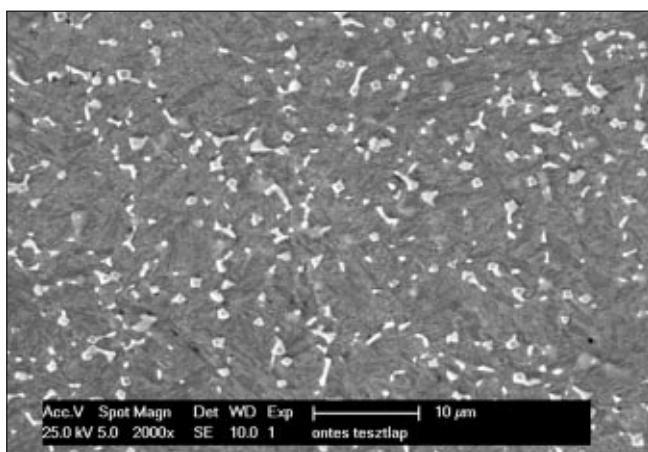
A technológia kidolgozásához első lépésként fogazat nélküli C75-ös anyagminőségű szalagfűrészlap-alapanyag széle került átolvasztásra. Lézerforrásként egy Rofin DY 027 típusú, impulzus üzemi Nd:YAG szilárdtest lézer berendezést alkalmaztunk, melynek mozgatásáról egy ABB hat szabadságfokú hegesztőrobot gondoskodott. Az ötvözőanyag ömledékbe való juttatását a rendszer vezérléséhez kapcsolt plazmaszóró berendezés poradagolója biztosította. Az ötvözőpor adagolása a lézernyaláb bekapcsolásával egy időben indul, és annak kikapcsolásával is áll le. Az így összeállított rendszer működését meghatározó technológiai paraméterek két csoportba oszthatók: a lézersugár paramétereire, az ötvözőpor és az ötvözőpor-adagolás paramétereire.

A lézersugár paraméterei alapvetően a kezelendő acélszalag átolvasztásáért felelnek. A mozgó sugár energiája, sebessége és a lézernyaláb fókuszoltolása határozza meg az átolvasztott anyag mennyiségét és a dermedést követő keresztmetszetet [2]. A megfelelő keresztmetszetet biztosító technológiai paraméterek meghatározása a paraméterek egyesével történő optimalizálásával zajlott. Az elérni kívánt átolvasztott anyagréssz-keresztmetszetet az adott lapvastagsághoz rendelhető optimális fogalak határozta meg. Az átolvasztott ke-

resztmetszetnek ugyanis, a megmunkálási ráhagyásokat is beleértve, biztosítani kell a fogcsúcs köszörülését követően a megfelelő fogalakot.

Az ötvöző porkeverék összetétele, a felhasznált porok típusa és a hosszegység alatt felhasznált pormennyiség a lézer-paraméterekkel együtt határozza meg az átolvasztott keresztmetszetben kialakuló kémiai összetételt [3]. Az átolvasztott anyag hosszegységére jutó, az anyagba beötvöződő pormennyiség az adagolt por mennyiségén kívül a lézersugár haladási sebességétől is jelentősen függ, mivel az adott helyen hosszabb ideig életben lévő ömledék-fürdő nagyobb mennyiségű ötvözőanyag bejutását teszi lehetővé. Emiatt a beötvöző por mennyisége az adagolt por mennyiségének és a lézersugár mozgási sebességének kényes egyensúlyától függ. A megfelelő kémiai összetételt biztosító technológiai paraméterek hatását a kialakuló összetételre ezért csak a többi technológiai paraméter folyamatos kontrollálása és állandó szinten tartása mellett lehet vizsgálni.

A kísérletek során ötvöző porként Ti- és W-tartalmú porok keverékét alkalmaztuk. Az egyenletes porösszetételt keverőgéppel biztosítottuk. Az ideális kémiai összetételt meghatározásához az ötvözési minták keménységét, mikroszerkezetét és kémiai összetételét ellenőriztük metallográfiai csiszolatokon végzett mikroszkópi, mikrokeménységmérési, pásztázó elektronmikroszkópi és EDS vizsgálatokkal. A megfelelő kémiai összetételt, a jelentős számú technológiai paraméter miatt, csak hosszas kísérleti munkát követően értük el. Az optimális technológiai paraméterektől való csekély eltérés is a kialakuló mikroszerkezetben nemkívánatos zárványok megjelenését, dendrites szövetszerkezetet és mikrorepedéseket eredményezett [4]. A megfelelő kémiai összetétel esetén, a lézersugár technológiai paramétereinek



■ **2. ábra.** A kialakult karbidszerkezet pásztázó elektronmikroszkópos képe

együttes hangolásával, az ötvözők eloszlása, illetve karbidszerkezete jelentős mértékben befolyásolható anélkül, hogy a dermedést követően kialakuló geometriát megváltoztatnánk. Az egyes minták esetén kialakult mikroszerkezet pásztázó elektronmikroszkópi felvételei a 2. ábrán láthatók.

A 2. ábrán jól látható, hogy a karbid-szerkezet optimalizálásával elérhető egy mintegy 0,5–2 µm átlagos szemcseméretű, finom karbideloszlás. Jellemző megjelenési formája ezen karbidoknak a gömb vagy közel gömb forma, mely TiC szerkezetű, és a karbid külső részein a titánt szubsztitúciósan W-atomok helyettesítik. Ez jól látható a 2. ábrán nagy nagyításban, ahol is a karbidok közepe sötét foltként látható a kis rendszámú Ti miatt, a karbid külseje pedig világos árnyalatban látható a nagy rendszámú W miatt. Az így elért mikroszerkezet által biztosított keménység meghaladja a 700 HV<sub>0,2</sub>-t, ami az alapanyag 425 HV<sub>0,2</sub> átlagos keménységéhez képest jelentős növekedés [5].

### 3. Kísérleti szerszámok készítése

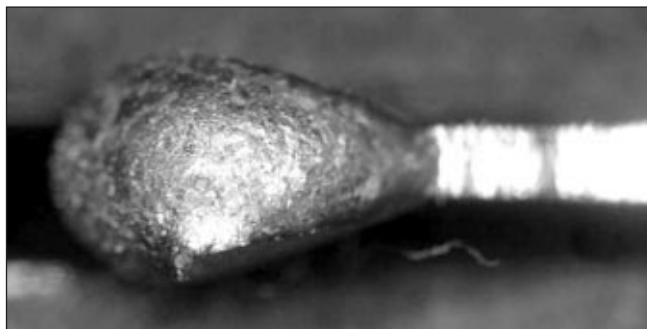
A fogazat nélküli acélszalagok szélének sikeres átötvöztetését követően a technológiai paramétereket az egyes fogak egyenként történő átötvöztetéséhez hangoltuk hozzá. Az első kísérletsorozatnál is alkalmazott módszer szerint először a kialakított foggeometriát optimalizáltuk a lézersugár technológiai paramétereivel. A leolvasztott anyagmennyiséget a hőbevitellel, a fogalakot pedig az átolvasztott anyagmennyiség fogcsúcson elfoglalt pozíciójával állítottuk be. Mivel az átolvasztott és ötvöztött anyagréssz alakját elsősorban az ömledék felületi feszültsége hatá-

rozta meg, ezért a kialakult fogcsúcsgömb alakot vett fel (3. ábra). A kialakított fogcsúcsok mérete a gyártói követelmények szerint meg kellett hogy haladja a végső foggeometria méretét és az egymást követő fogcsúcsok közti osztás felét is, az automata élezés miatt szűk tűrés került előírásra. A foggeometria sikeres kialakítását követően a fogcsúcs mikroszerkezetének ellenőrzése következett. Mivel a technológiai paraméterek hatása már ismert volt a kialakuló mikroszerkezetre, ezért csak a megfelelő foggeometria és mikroszerkezet együttes kialakítása okozott némi nehézséget. A már reprodukálhatóan előállítható átötvöztött fogazatú tesztzalagból mintegy 30 m-t gyártottak le, amit fűrészüzemekben teszteltek.

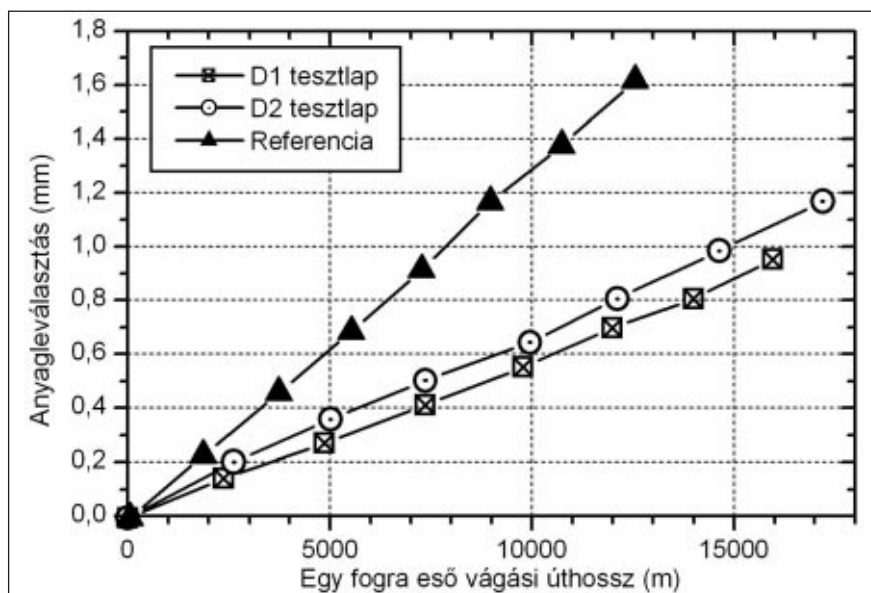
Mivel a kísérletsorozat 1 mm vastagságú szalagfűrészlapon folyt, a kísérleti munka a további lapvastagságokhoz alkalmazandó technológiai paraméterek optimalizálásával folytatódott, a 0,8 és 1,25 mm vastagságú lapokra. Az elkészült tesztlapokat végtelenítést és élezést követően üzemi körülmények között tesztelték. Jellemzően azonos vastagságú vagy vastagabb, klasszikus gyártástechnológiával készült szalagfűrészlapon váltottak ki. A kísérletek során a tesztlapokkal kergezett és azonos hosszúságú léceket hasítottak. A vágási teljesítmény szemléletes ábrázolásához a kopás mértékét, azaz az élezéshez szükséges anyagleválasz-

tás mértékét ábrázoltuk a vágott faanyag mennyiségének, pontosabban az egy élezéssel, egy fog által vágott úthossz mértékének függvényében. A tesztüzem során elért vágási teljesítmények eredményei a 4. ábrán láthatók.

A vágási tesztek adatai alapján jól látható, hogy a referencia, klasszikus lap esetén közel kétszeres kopás jelentkezik, azonos vágott méter esetén. A tesztek alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a keskeny és egyben vékonyabb lapok esetén nagyságrendi teljesítménynövekedés realizálható a lézersugaras porszórásos ötvöztetés alkalmazásával. Természetesen ez a gyártási költségek növekedését is magával vonja, de a kiesett karbantartási idő által megtakarított költség ezt kompenzálja. A széles és egyben vastagabb lapok esetén a vágóteljesítmény növekedése nem oly látványos, mint a keskeny lapok esetén, de így is meghaladja a klasszikus, stellitlapkás fogazattal elérhető vágóteljesítményt, miközben a gyártási költségek nem haladják meg a stellitlapkás fogazat gyártási költségeit. A kidolgozott lézersugaras porszórásos ötvöztési technológia tehát kiválóan alkalmazható a szalagfűrészlapon fogazatá-



■ **3. ábra.** A kezelt, átötvöztött fogcsúc az élezés előtti állapotában



■ 4. ábra. A vágási tesztek eredményei

nak teljesítménynövelésére, egyszeri beruházási költség mellett, további gyártási költségek emelkedése nélkül.

#### Összefoglalás

A kísérleti programban sikerült kifejleszteni olyan szalagfűrészlap-fogazatokat, amelyek vágási élettartama igen jelentősen meghosszabbodott. Az új, lézersugaras felületötvözésű fogazat az üzemi gyártási technológiába zökkenőmentesen il-

leszthetőnek bizonyult, noha jelentős technológiai fejlesztéseket kellett végrehajtani az élezési folyamatban. Ezzel a fejlesztési célok műszaki vonatkozásait minden tekintetben sikerült teljesíteni. Meg kell azonban jegyezni, hogy a kifejlesztett technológia költségei jelenleg olyan mértékűek, amelyek gátolják a tömeggyártásba való bevezetést, ám ez a nehézség a volumen növelése és a gyártásoptimalizálás révén várhatóan leküzdhető.

A kutatás-fejlesztési program megvalósítását az A-LAP Kft. jelentős saját forrásai mellett az NKTH Kozma László programja is támogatta, valamint a kutatás szervesen kapcsolódott az OTKA K-69122 kutatási programjához.

#### Irodalomjegyzék

- [1] Mote, C. D.: A Study of Band Saw Vibrations, Journal of Franklin Institute vol. 279. No. 6 (1965) pp. 430-444.
- [2] Benyounis, K. Y. – Olabi, A. G. – Hashmi, M. S. J.: Effect of laser welding parameters on the heat input and weld-bead profile, Journal of Materials Processing Technology 164-165, (2005), pp. 978-985.
- [3] Sun, Z. – Kuo, M.: Bidding the joint gap with wire feed laser welding, Journal of Materials Processing Technology 87, (1999) pp. 213-222.
- [4] Borrego, L. P. et al.: Fatigue behavior of laser repairing welded joints, Engineering Failure Analysis 14, (2007) pp. 1586-1593.
- [5] Magasdi, A – Dobránszky, J. – Tusz, F. – Ginsztler, J.: Fatigue properties of welded joints of high-carbon steels, Materials Science Forum Vols. 537-538. (2007) pp. 47-53.

## Szántai Lajos Podmaniczky-díjat kapott

A Város- és Faluvédők Szövetsége (Hungaria Nostra) 1982 óta minden évben elismeri azon személyek és közösségek munkásságát, akik foglalkozásuktól, munkahelyi kötelezettségüktől függetlenül, vagy azt jelentősen túlteljesítve a legtöbbet teszik épített és természeti környezetünk, kulturális örökségünk értékeinek védelmében.

2010 nyarán 12 magánszemély és 4 közösség részesült díjazásban. Köztük volt Szántai Lajos is, az Öntésztörténeti és múzeumi szakcsoport aktív tagja, aki évtizedeken át elnöke is volt ennek a testületnek. A díjat Ráday Mihály elnök adta át a jászberényi ünnepi ülésen.

A Podmaniczky-díjjal Szántai Lajos több évtizede folytatott értéktmentő munkáját ismerték el. Többek között felkerítette és helyreállította a Jászágban

elhagyatottan álló több méter magas öntöttvas keresztek, kutatta a híres Schlick-öntöde termékeit, elindította és aktívan segíti a templomok falára helyezendő öntött táblák készítését, mellyel a harangöntő mestereknek állítanak emléket. Ő volt a kezdeményezője annak az akciónak, hogy a Millenáris Park területén álló, egykori Ganz Villamossági Gyar öntödéjének 1910-es indulását megörökítő tábla újra felkerüljön a régi épületre (1. kép), de sorolhatnánk a gödöllői kastély kertjének szépítésében, a pesterszébeti és a budai kerületek emlékeinek megmentéséért végzett munkáit, melyek



■ 1. kép. Az újraöntött Ganz-tábla. Az eredetit az Öntödei Múzeum őrzi

legtöbbször szeretett szakmájával, az öntésztel összefüggésben vannak.

Tagtársunknak szívből gratulálunk, értékőrző munkájához további erőt és sok sikert kívánunk.

**Szerkesztőség**



# Határfelületi jelenségek a fémcsanyaggyártásban. 4. rész

## A határfelületi gradiens erő

A cikksorozat 4. részében Szerző levezeti a határfelületi gradiens erő képletét és értelmezi azon fizikai mennyiségek gradiensét, melyek ezen erő felléptét kiváltják, különös tekintettel a hőmérséklet- és koncentráció-gradiensre. A határfelületi gradiens erő a nagyobb felületi energiájú térrész felől a kisebb felületi energiájú térrész felé húzza a fázisokat, azaz jellemzően a nagyobb hőmérséklet és a határfelület-aktív komponens növekvő koncentrációjának irányába.

### 1. Bevezetés

A cikksorozat első részében [1] megadtuk a határfelületi erők fogalmát és összesen nyolc határfelületi erő típust definiáltunk, melyek mind a természetben, mind a kohászatban (azaz a fémcsanyaggyártó technológiákban) fellépnek. A cikksorozat második részében a határfelületi összehúzó erőről és a fúvókákról leszakadó, illetve folyadékokban emelkedő buborékok méretéről volt szó [2]. A cikksorozat harmadik részében a görbület indukálta határfelületi erőt és az innen származtatható Laplace-nyomást tárgyaltuk, különös tekintettel az innen származtatott Kelvin egyenletre és annak furcsa kapcsolatára a Gibbs-féle termodinamikával [3].

A fémcsanyaggyártó technológiák nem egyensúlyi rendszerek (avagy egyensúlyi rendszerben nem történik semmi, így abban gyártani sem lehet semmit). Ebből következik, hogy a gyártóközeg különböző pontjain egyazon időpontban jellemzően különbözik mind a hőmérséklet, mind az összetétel. Emiatt a gyártóközegben hőmérséklet-gradiens és koncentráció-gradiens lép fel. Ha ebben a közegben kis méretű fázisok vannak (buborékok, diszpergált cseppek vagy szemcsék – részecskék), akkor ezek a fázisok a gradiens térben migrálni (mozogni) fognak abba az irányba, amely mentén felületi energiájuk (ami hőmérséklet- és koncentrációfüggő) csökken, hiszen ezzel csökken a rendszer teljes

energiája. Azt az erőt, ami a fázisokat erre a mozgásra kényszeríti, határfelületi gradiens erőnek nevezzük. Ezt az erőt elsőként Young, Goldstein és Block [4] írták le. Ez a cikk erről az erőről szól, és arról, hogy ez az erő milyen szerepet játszik a fémcsanyaggyártásban.

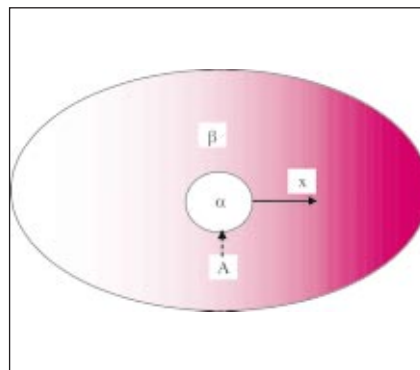
### 2. A határfelületi gradiens erő levezetése

A határfelületi gradiens erő levezetéséhez vizsgáljunk egy  $A$  felületű  $\alpha$  fázist, amely az azt körülvevő  $\beta$  fázisban  $x$  irányban mozog (1. ábra). Tételizzük fel, hogy a  $\beta$  fázison belül egy fizikai mennyiség értéke pontról pontra változik, azaz az adott fizikai mennyiségnek a  $\beta$  fázison belül értelmezhető a gradiens (ezt az 1. ábrán a  $\beta$  fázison belül változó tónussal jelöltük). Tételizzük fel, hogy ez egy olyan fizikai mennyiség, ami hatással van az  $\alpha$  és  $\beta$  fázisok  $\sigma_{\alpha\beta}$  határfelületi energiájára. Ilyen tulajdonsággal a fizikai mennyiségek közül a hőmérséklet ( $T$ ,  $K$ ) és az összetétel ( $x_c$ , a  $\beta$  fázisban oldott  $c$  komponens móltörtje) bír. Fém/ion rendszerekben az elektromos potenciálnak is lehet szerepe, de ezzel ebben a cikkben nem foglalkozunk.

A levezetéshez először írjuk fel egy  $\alpha$  fázisra,  $x$  irányban ható határfelületi erő általános egyenletét (lásd (3) egyenlet [1], illetve [5-6]):

$$F_{\alpha,x} = - \sum_{i,j} A_{ij}(x) \cdot \frac{d\sigma_{ij}(x)}{dx} - \sum_{i,j} \sigma_{ij}(x) \cdot \frac{dA_{ij}(x)}{dx}, \quad (1)$$

ahol  $A_{ij}(x)$  az  $i$  és  $j$  fázisok közötti határfelület  $x$ -függő alapterülete ( $m^2$ ), míg  $\sigma_{ij}(x)$  az  $i$  és  $j$  fázisok közötti határfelület  $x$ -



1. ábra. A határfelületi gradiens erő levezetéséhez

függő határfelületi energiája ( $J/m^2$ ). Az 1. ábrán csak két fázis van jelen,  $i = \alpha$  és  $j = \beta$ , e két fázis között pedig egyetlen határfelületet látunk, az  $\alpha/\beta$  határfelületet. Ezért az (1) egyenletben lévő összegzés okafogyottá válik. Ezen túl tételizzük fel, hogy az  $\alpha$  fázis mérete és alakja, azaz felülete a  $\beta$  fázisban való mozgása során nem változik, azaz független  $x$  értékétől (ezért a felületet  $A$ -val jelöljük és konstans értékű paraméterként kezeljük). Ekkor az (1) egyenlet második tagja zérus lesz, és így az (1) egyenlet a következő, egyszerűsített alakot ölti:

$$F_{\alpha,x}^{grad} = -A \cdot \frac{d\sigma_{\alpha\beta}(x)}{dx}, \quad (2)$$

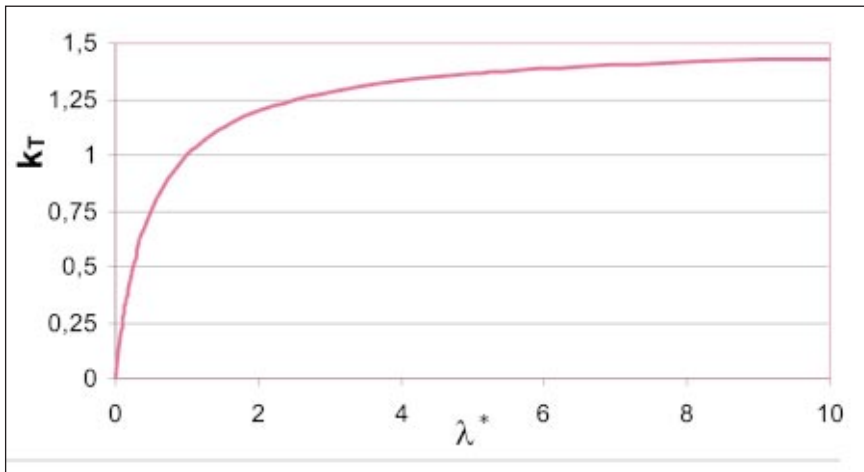
ahol a „grad” felső index a „gradiens” megkülönböztetést jelöli, míg az alsó „ $\alpha,x$ ” index arra utal, hogy az erő az  $\alpha$  fázisra hat,  $x$  irányban. Ha az erő előjele negatívra adódik, akkor az erő vektora az 1. ábrán bemutatotthoz képest ellenkező irányú lesz.

Most írjuk fel, hogy a hőmérséklet-gradiens ( $dT/dx$ ,  $K/m$ ) és a koncentráció-gradiens ( $dx_c/dx$ ,  $1/m$ ) milyen határfelületi energigradienst okoz:

$$\frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dx} = \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \cdot \frac{dT}{dx} + \sum_c \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dx_c} \cdot \frac{dx_c}{dx}, \quad (3)$$

Dr. Kaptay György életrajzát lapunk 2009. 3. számában közzétettük. Az azóta bekövetkezett változások megtalálhatók a [www.kaptay.hu](http://www.kaptay.hu) honlapon.





■ **2. ábra.** A hőmérsékleti korrekciós tényező függése a dimenziómentes hővezetési tényezőtől, a (6) egyenlettel számítva ( $\lambda^* \equiv \lambda_\beta / \lambda_\alpha$ )

ahol  $d\sigma_{\alpha\beta}/dT$  (J/m<sup>2</sup>K) a határfelületi energia hőmérsékleti együtthatója, míg  $d\sigma_{\alpha\beta}/dx_c$  (J/m<sup>2</sup>) a határfelületi energia koncentráció szerinti együtthatója, mindkettő anyagtulajdonság, melyek az  $\alpha$  és  $\beta$  fázisok és a  $c$  komponens anyagi minőségének függvényei (lásd 1. melléklet). A határfelületi gradiens erő legáltalánosabb képlete a (3) egyenletnek a (2) egyenletbe való behelyettesítésével kapható meg:

$$F_{\alpha,\beta}^{\text{grad}} = -A \cdot \left( k_T \cdot \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \cdot \frac{dT}{dx} + k_c \cdot \sum_c \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dx_c} \cdot \frac{dx_c}{dx} \right), \quad (4)$$

ahol a  $k_T$  és  $k_c$  együtthatók olyan korrekciós tényezők, amelyek a  $\beta$  fázisban mozgó  $\alpha$  fázis zavaró hatását írják le a  $\beta$  fázisban érvényes hőmérsékleti és koncentráció gradiensre. Mérnökként ugyanis a makroszkópikus  $\beta$  fázisban csak makroszkópikus hőmérséklet- és koncentráció-gradienseket tudunk értelmezni. Ha ezek a gradiensok az  $\alpha/\beta$  határfelület mentén nem változnak meg, akkor  $k_T = 1$  és  $k_c = 1$ . A valóságban azonban ez általában nem ilyen egyszerű, és jellemzően  $k_T \neq 1$  és  $k_c \neq 1$ .

### 3. A hőmérséklet-gradiens által indukált határfelületi gradiens erő

A hőmérséklet-gradiens által indukált határfelületi gradiens erő az irodalomban jól ismert [4, 7–14]. Az általános (4) egyenletből koncentráció-gradiens hiányában a következő egyszerűbb képletet kapjuk erre az erőre:

$$F_{\alpha,\beta}^{\text{grad}} = -k_T \cdot A \cdot \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \cdot \frac{dT}{dx} \quad (5)$$

A határfelületi energia hőmérsékleti együtthatója az esetek többségében negatív (lásd 1. melléklet), ezért az (5) egyenlet alapján a határfelületi gradiens erő iránya jellemzően megegyezik a hőmérsékleti gradiens vektor irányával. Más szavakkal, a hőmérséklet-gradiens által indukált határfelületi gradiens erő jellemzően a hidegebb térrész felől a melegebb térrész felé húzza az  $\alpha$  fázist.

A korrekciós tényező értéke függ a peremfeltételektől. Végzetlen nagy  $\beta$  fázisban lévő egyedi, gömb alakú, kisméretű és lassan mozgó  $\alpha$  fázisra a korrekciós tényező közelítő képlete [13, 15]:

$$k_T \approx \frac{3 \cdot \lambda^*}{1 + 2 \cdot \lambda^*}, \quad (6)$$

ahol  $\lambda^*$  a dimenziómentes hővezetési tényező:  $\lambda^* \equiv \lambda_\beta / \lambda_\alpha$ , ahol  $\lambda_\alpha$  és  $\lambda_\beta$  a két fázis hővezetési tényezője (W/mK). A korrekciós tényező függését a dimenziómentes  $\lambda^*$  értéktől a 2. ábrán mutatjuk be. A következő három esetet érdemes megkülönböztetni:

- ha relatíve kis hővezetetésű buborékot vizsgálunk relatíve nagy hővezetésű folyadékban ( $\lambda^* \gg 1$ ), akkor mind a korrekciós tényező, mind az erő maximális értékű ( $k_T \approx 1,5$ ) lesz – ezért talán nem véletlen, hogy a legtöbb cikk buborékok viselkedéséről szól folyadékokban [4, 7–12];
- ha a két fázis hővezetési tényezője közel azonos ( $\lambda^* \approx 1$ ), akkor a korrekciós tényező szerepe elhanyagolható ( $k_T \approx 1$ ), az erő azonban szignifikáns értékű marad. Ez a helyzet a hasonló kémiai kötődésű fázisok esetén, például fémol-

vadék csepp vele nem elegyedő fémolvadékban, ami főleg a monotektikus ötvözetgyártásban fontos kérdés [13, 16–20];

- ha relatíve nagy hővezetésű fém-cseppet vizsgálunk relatíve kis hővezetésű folyadékban, például salakolvadékban ( $\lambda^* \ll 1$ ), akkor a korrekciós tényező értéke nagyon kicsi lesz ( $k_T \approx 0$ ), ezért ebben az esetben a hőmérséklet-gradiens által indukált határfelületi gradiens erő értéke elhanyagolható lesz. Talán nem véletlen, hogy nem tudunk hivatkozást felmutatni erre a kombinációra.

Az  $r$  sugarú gömb felülete:

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \quad (7)$$

Behelyettesítve a (6, 7) egyenleteket az (5) egyenletbe, végeredményben gömbre a következő egyenletet kapjuk a hőmérséklet gradiens által indukált határfelületi gradiens erőre:

$$F_{\alpha,\beta}^{\text{grad}} \approx -\frac{12 \cdot \pi \cdot \lambda^*}{1 + 2 \cdot \lambda^*} \cdot r^2 \cdot \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \cdot \frac{dT}{dx} \quad (8)$$

### 3.1. Gömb lebegtetése gravitációs térben

A fent tárgyalt  $r$  sugarú gömbre gravitációs erőterben a gravitációs és felhajtó erők kombinációja is hat:

$$F_{\text{grav}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \Delta\rho \cdot g, \quad (9)$$

ahol  $\Delta\rho \equiv \rho_\alpha - \rho_\beta$  a két fázis sűrűségkülönbsége (kg/m<sup>3</sup>),  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> a gravitációs állandó. Ha a (8, 9) egyenletekkel leírt erők egy irányba mutatnak, akkor erősítik, míg ha különböző irányba mutatnak, akkor gyengítik egymást. Ez azt jelenti, hogy a határfelületi gradiens erővel a gravitáció hatása kompenzálható, azaz el lehet érni, hogy az  $\alpha$  fázis a  $\beta$  közegben lebegjen, annak ellenére, hogy a két fázis között sűrűségkülönbség van, és a rendszerre hat a földi gravitáció. A (8, 9) egyenletek összekapcsolásából a lebegés feltétele:

$$\left( \frac{dT}{dx} \right)_{\text{lebeg}} = \frac{r \cdot \Delta\rho \cdot g}{\frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT}} \cdot \frac{1 + 2 \cdot \lambda^*}{9 \cdot \lambda^*} \quad (10)$$

Vizsgáljuk egy buborék lebegtetésének feltételét alumíniumolvadékban. Az olvadék hővezetési tényezője nagyságrendekkel nagyobb, mint a buboréké, ezért  $\lambda^* \approx \infty$  (tehát a (10) egyenlet utolsó tagja 2/9 érté-

kű),  $\Delta\rho = -2300 \text{ kg/m}^3$  [21],  $d\sigma_{\alpha\beta}/dT = -0,15 \text{ mJ/m}^2\text{K}$  (lásd 1. melléklet).

Ekkor a (10) egyenletből:  $(dT/dx)_{\text{lebeg}} = 3,3 \cdot 10^7 \cdot r \text{ K/m}$ .

Innen az következik, hogy nagyméretű fázisok hőmérséklet-gradiens segítségével nem lebegtethetőek, hiszen pl. az  $r = 1 \text{ m}$  sugarú buborékhoz  $3,3 \cdot 10^7 \text{ K/m}$  hőmérséklet-gradiensre lenne szükség, ami irreálisan nagy érték. Ha azonban a cél  $r = 10 \mu\text{m}$  sugarú buborékok lebegtetése, az ehhez szükséges  $330 \text{ K/m}$  hőmérséklet-gradiens könnyedén biztosítható. Mivel esetünkben a gravitációs és felhajtó erők eredője felfelé mutat, a hőmérséklet-gradiens vektorának lefelé kell mutatnia (alul melegek, felül hidegek kell lennie) ahhoz, hogy a határfelületi gradiens erő a felhajtóerőt kompenzálni tudja (lásd 3. ábra). Ugyaninnen azt látjuk, hogy egy  $r = 10 \text{ nm}$  sugarú buborék lebegtetéséhez már elegendő  $0,33 \text{ K/m}$  hőmérséklet-gradiens. Ez olyan kis érték, hogy mérnöki gyakorlatilag kontrollálhatatlan. Ezért a nano- és mikrobuborékok a gyártási közegben lévő tudatosan kialakított, vagy akár véletlenszerű hőmérséklet-gradiensnek fognak engedelmesskedni, a gravitáció számukra annál inkább elhanyagolható lesz, minél kisebb a méretük.

### 3.2. Mozgási sebesség állandósult állapotban

A határfelületi gradiens erő hatására az  $\alpha$  fázis óhatatlanul mozogni kezd a  $\beta$  fázisban. Ekkor fellép a sűrűlási erő, ami kis Reynolds-számok esetén és  $r$  sugarú gömbre a Stokes-egyenlettel írható le:

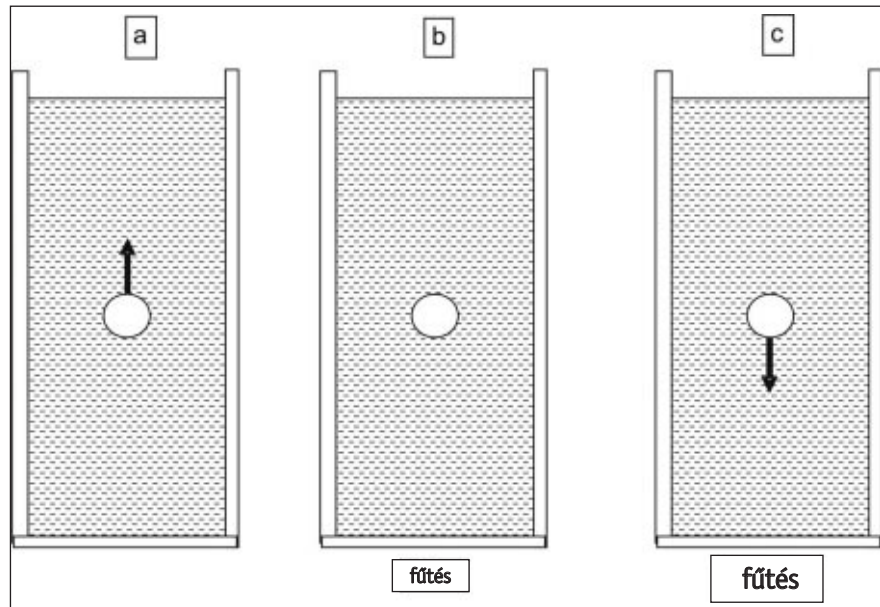
$$F_{\text{súrl}} = -6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta_{\beta} \cdot v, \quad (11)$$

ahol  $\eta_{\beta}$  (Pas) a  $\beta$  közeg dinamikai viszkozitása,  $v$  a két fázis relatív sebessége (m/s), a negatív előjel azt jelenti, hogy a sűrűlási erő és a sebességvektorok ellentétes irányúak. Az  $\alpha$  fázis akkor kerül állandósult állapotba, ha a rá ható erők eredője zérus:

$$F_{\alpha,x}^{\text{grad}} + F_{\text{grav}} + F_{\text{súrl}} = 0 \quad (12)$$

Behelyettesítve a (12) egyenletbe a (8, 9, 11) egyenleteket, az állandósult állapotú sebesség képlete kifejezhető, amennyiben a hőmérséklet-gradiens függőleges irányú:

$$v = \frac{2 \cdot r}{\eta_{\beta}} \cdot \left( \frac{\lambda^*}{1 + 2 \cdot \lambda^*} \cdot \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \cdot \frac{dT}{dx} - \frac{r}{9} \cdot \Delta\rho \cdot g \right), \quad (13)$$

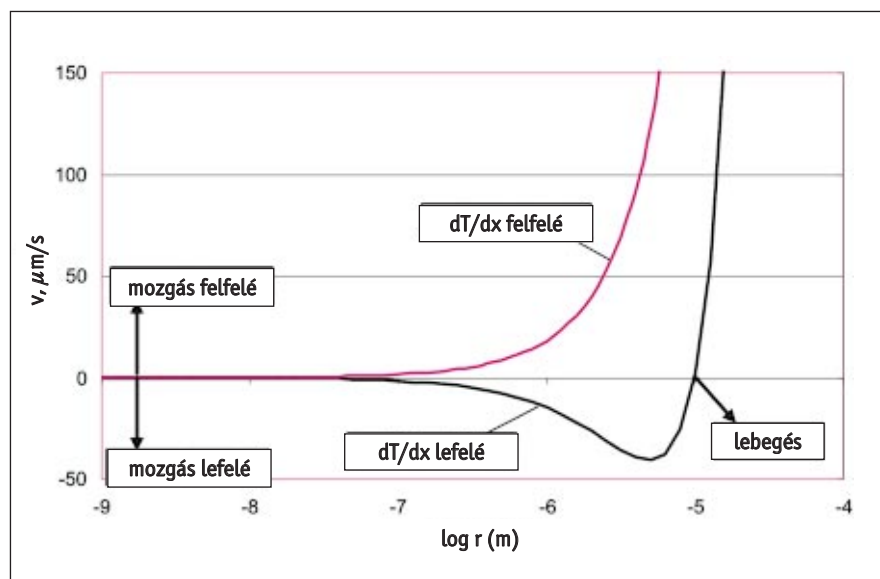


■ 3. ábra. Alumíniumolvadékban lévő, 10 mikron sugarú buborékra ható eredő erő, ha a rendszerben a lefelé mutató hőmérséklet-gradiens értéke  $0 \text{ K/m}$  (a),  $330 \text{ K/m}$  (b), illetve  $660 \text{ K/m}$  (c)

ahol a  $dT/dx$  vektort pozitív előjellel kell beírni, ha a gravitációs vektorral azonos irányba, lefelé mutat (azaz ha  $T$  lefelé nő), és fordítva. A (13) egyenlettel számolt  $v$  vektor felfelé mutat, ha pozitív értéket kapunk, és fordítva. Egy alumíniumolvadékban diszpergált buborék állandósult állapotú mozgási sebességének méretfüggését a 4. ábrán mutatom be ( $dT/dx = 330 \text{ K/m}$ ,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $\lambda^* \approx \infty$ ,  $\Delta\rho = -2300 \text{ kg/m}^3$  [21],  $d\sigma_{\alpha\beta}/dT = -0,15 \text{ mJ/m}^2\text{K}$ ).

Kis sugárméret esetén a gravitáció szerepe elhanyagolható, ezért a sebesség

iránya megegyezik a hőmérséklet-gradiens irányával és lineárisan változik a mérettel (lásd (13) egyenlet – a linearitás a féllogaritmikus 4. ábrán nem nyilvánvaló). Ha a hőmérséklet-gradiens lefelé mutat, és ezért a kis méretű buborék lefelé mozog, akkor a méret növelésével a 4. ábrán látható függvény minimumpontra megy át, hiszen a felhajtóerő (ami nagyobb méreteknél kezd dominálni), felfelé húzza a buborékot. Amikor a görbe a  $v = 0$  értéket metszi, a buborék lebeg (lásd lent). Ha a hőmérséklet-gradiens felfelé mutat, a



■ 4. ábra. Az állandósult állapotú mozgási sebesség méretfüggése a (13) egyenlettel számítva (buborék alumíniumolvadékban le-, ill. felfelé mutató  $330 \text{ K/m}$  hőmérséklet-gradienssel, gravitációs térben)

határfelületi gradienserő és a felhajtóerő erősítik egymást.

A fentieknél mélyebb áramlástani analízis a (13) egyenlet helyett a következő, korrigált egyenlethez vezet [4, 8–10], a gravitáció elhanyagolása mellett:

$$v_{\text{korr}} = \frac{2 \cdot r}{2 \cdot \eta_\beta + 3 \cdot \eta_\alpha} \cdot \frac{\lambda^*}{1 + 2 \cdot \lambda^*} \cdot \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \cdot \frac{dT}{dx} \quad (14)$$

A (13, 14) egyenletek közötti különbség a (14) egyenlet első tagjában van, amiben figyelembe vettük az  $\alpha$  fázis dinamikai viszkozitását is ( $\eta_\alpha$ , Pas). A (13, 14) egyenletek összehasonlításával a következő esetek különböztethetők meg:

- ha relatíve kis viszkozitású buborék van relatíve nagy viszkozitású folyadékban ( $\eta_\alpha \ll \eta_\beta$ ), akkor a (14) egyenlettel számolt érték közel fele a (13) egyenlettel számolt értéknek;
- ha azonos viszkozitású, egymással nem elegyedő folyadékfázisok vannak egymásban diszpergálva ( $\eta_\alpha = \eta_\beta$ ), akkor a (14) egyenlettel számolt érték közel ötöde a (13) egyenlettel számolt értéknek;
- ha közel végtelen viszkozitású szilárd szemcse mozog véges viszkozitású folyadékban ( $\eta_\alpha \gg \eta_\beta$ ), akkor a (14) egyenlet által számolt sebesség értéke közel zérus, ami azt jelenti, hogy szilárd szemcséket határfelületi gradienserővel mozgatni nem lehet. Ez az áramlástan azon

peremfeltételéből következik, hogy a szilárd/folyadék határfelületen egy mozduatlan tapadóréteg alakul ki, amelynek sebessége definíció szerint zérus.

### 3.3. Monotektikus ötvözetek gyártása

Monotektikus típusú fázisdiagrammal jellemzett binér rendszerekben az elegedéshez tartozó kritikus hőmérséklet feletti hőmérsékletre való gyors hűtés során a nagyobb térfogatú fázisban nagy számú, kis méretű fémolvadékcsepp válik ki a kisebb térfogatú fázisból (lásd 5. ábra). Az ideális az lenne, ha ezek a cseppek kis méretben és homogén eloszlásban megőrizhetők lennének a kristályosítás után is, hiszen ezzel a módszerrel in-situ módon kialakuló, fém/fém kompozitokat lehetne létrehozni [13, 16–20]. A valóságban azonban a két fázis közötti sűrűségkülönbség miatt ezek a fázisok a földi gravitációban gyorsan szétválnak (lásd 6. ábra). Az ilyen típusú kompozitok előállítása azonban annyira vonzó volt, hogy több ország (USA, Szovjetunió, Japán) egymástól függetlenül is indított a kérdés megoldására úranyag-tudományi kísérleteket [17, 23–24]. A motiváció logikusnak tűnt: ha az űrkörülmények között sikerül „kikapcsolni” a gravitációt, a cseppek homogén eloszlása megőrizhető lesz, és ezzel egy új anyagcsalád hozható létre. Sajnos, az eredmény kiáb-

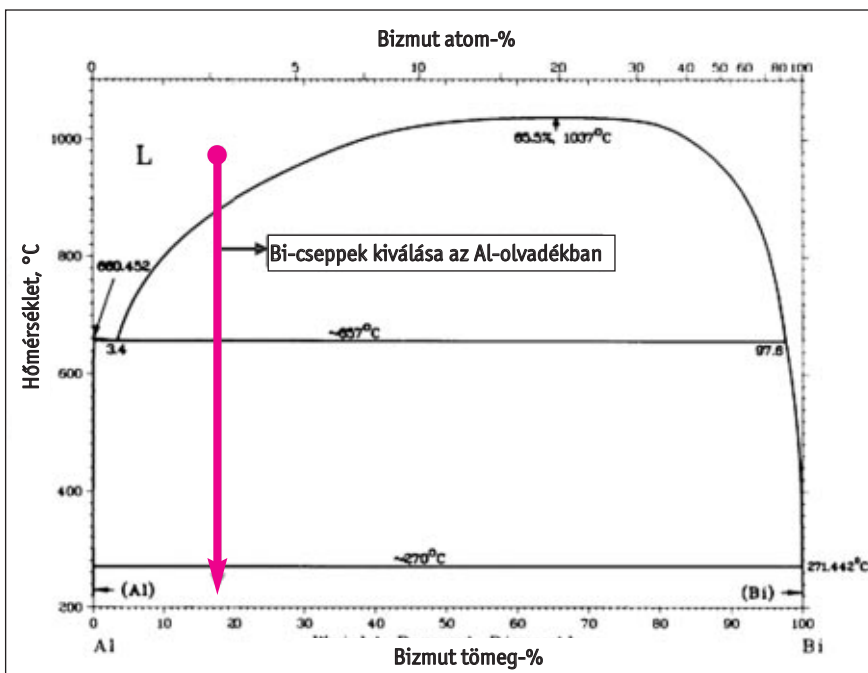
rándító volt (lásd 6. ábra). Ennek oka a 7. ábrán látszik. Űrkörülmények között feltehetőleg ugyan kialakult a kisméretű cseppek homogén eloszlása, de a Földre való visszatérés előtt a rendszert kristályosítani kellett. Mivel a rendszert csak kívülről lehetett hűteni, benne hőmérséklet-gradiens alakult ki, és emiatt a diszpergált cseppek a hűtés során a legmelegebb középponti rész felé kezdtek migrálni, így végül egy cseppé álltak össze. Ez ugyan sikertelen kísérletnek tűnhet, de a tudományban a siker gyakran csak fantázia kérdése: így alakult ki a „tojástípusú” kompozit fogalma, amit az egyik legrangosabb tudományos folyóirat le is közölt [17].

Mindenesetre a hőmérséklet-gradiens indukálta határfelületi gradienserő szerepét figyelembe kell venni a monotektikus ötvözetek – in-situ kompozitok – tervezésénél [16–20, 23–24]. Ahhoz, hogy a cseppek homogén eloszlását megőrizzük, a legbiztosabb recept a nagysebességű hűtés. Ez sajnos általában csak vékony öntvényekben valósítható meg. Relatíve vastag in-situ monotektikus kompozitot sikerült létrehozni egy hazai kutatócsoportnak lézeres módszerrel, aminek titka a különlegesen nagy felületi kristályosodási sebesség [25–26]. A gravitációs erőterben ülepedő cseppek összeolvadását megfelelő felületi minőségű (nedvesítésű) szilárd szemcsék segítségével is meg lehet akadályozni [27–28], ehhez azonban már egy következő határfelületi erőtypus megismerésén és tudatos használatán keresztül vezet az út (lásd e cikksorozat reménybeli 6. részét).

### 4. A koncentráció-gradiens által indukált határfelületi gradienserő

Most vizsgáljuk az  $\alpha$  fázist egy olyan nagyobb,  $\beta$  fázisban, ami önmagában is többkomponensű. Az egyszerűség kedvéért csak egy oldószert ( $b$ ) és egy oldott komponenst ( $c$ ) vegyünk figyelembe, utóbbi móltörtje a  $\beta$  fázisban  $x_c$ . A koncentráció-gradiens által indukált határfelületi gradienserő az irodalomban kevésbé ismert ugyan, mint a hőmérséklet-gradiens indukálta párja, ennek ellenére a jelenség jól dokumentált [29–33]. Az általános (4) egyenletből hőmérséklet-gradiens hiányában a következő egyszerűbb képletet kapjuk erre az erőre:

$$F_{\alpha, x}^{\text{grad}} = -k_c \cdot A \cdot \frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dx_c} \cdot \frac{dx_c}{dx} \quad (15)$$



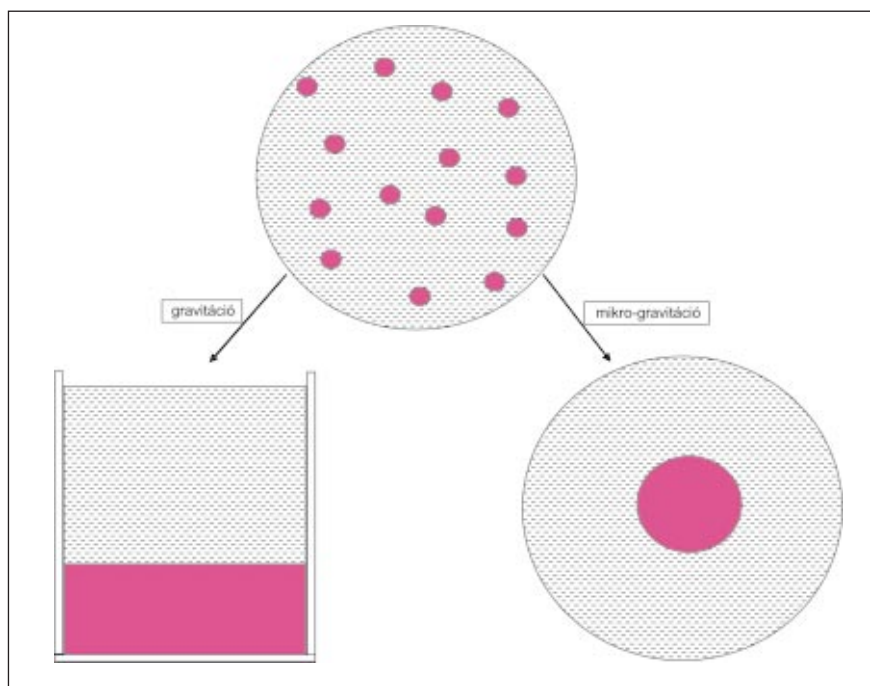
■ 5. ábra. Diszpergált cseppek létrehozása monotektikus rendszerben az Al-Bi fázisdiagram példáján (a diagram a [22] kézikönyvből származik)



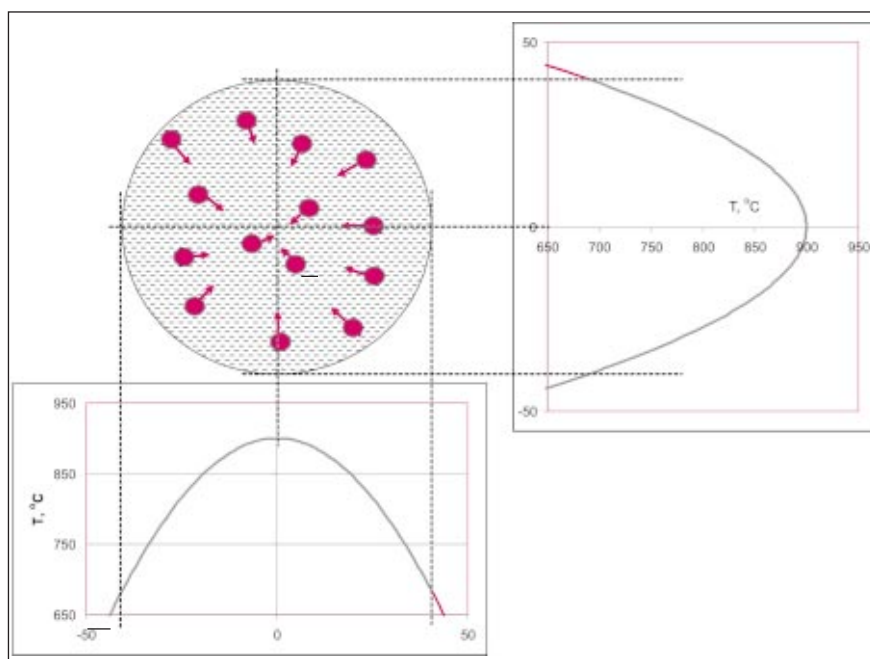
Ha a  $c$  komponensnek valóban szignifikáns hatása van a határfelületi energiára, akkor a  $c$  komponens határfelület-aktív komponens, és ebben az esetben a határfelületi energia koncentráció szerinti koefficiense minden esetben negatív (lásd 1. melléklet). Ezért a (15) egyenlet alapján a határfelületi gradienserő iránya megegyezik a koncentráció-gradiens vektor irányával. Más szavakkal, a koncentráció-gradiens által indukált határfelületi gradienserő a kis  $c$ -koncentrációjú térrész felől a nagyobb  $c$ -koncentrációjú térrész felé húzza az  $\alpha$  fázist (ahol a koncentráció a  $\beta$  fázisban oldott  $c$  komponensre vonatkozik, ami határfelület-aktív az  $\alpha/\beta$  határfelületen).

A korrekciós tényező értéke ebben az esetben is függ a peremfeltételektől. Amennyiben az  $\alpha$  fázis az erő hatására nem mozdul el, és ha az  $\alpha$  fázis nem zavarja meg más módon sem a  $c$  komponens koncentrációeloszlását a  $\beta$  fázisban, akkor korrekcióra nincs szükség ( $k_c = 1$ ). Az  $\alpha$  fázis azonban a határfelületi erő hatására általában mozogni kezd, és ekkor a „háta mögött” olyan örvénylő turbulens áramlás alakul ki még kis Reynolds-számok esetén is [34], ami összezavarja a  $c$  komponens koncentráció-gradiensét (lásd 8. ábra). Ennek az lesz a következménye, hogy a koncentráció-gradiens csak az  $\alpha$  fázis homlokfelülete mentén marad változatlan, és ilyenkor relatíve kis Reynolds-számok esetén és gömb alakú  $\alpha$  fázisra a korrekciós tényező értéke:  $k_c = 1/2$  [32–33]. Ezzel az egyszerű korrekciós tényezővel nagy pontossággal reprodukálhatóak Mukai és munkatársai mérési eredményei [30–31]. Meg kell jegyeznünk, hogy a nagyobb Reynolds-számok esetén az örvény a gömbnek nem a felénél szakad le (mint ahogy azt a 8. ábrán mutatjuk), és így általánosságban a korrekciós tényező bonyolult függvénye lesz a Reynolds-számnak.

Mukai és munkatársai kísérleti elve olyan ötletes, hogy azt bemutatjuk a 9. ábrán. Egy víz/hidrogén buborék határfelületén felületaktív  $c$  komponenst tartalmazó vizes oldatot a bal oldalon hűtötték úgy, hogy bal fal felől jobb irányba mozogjon a sík jég/víz határfelület. A  $c$  komponens a vizes oldatot preferálja a jégfázissal szemben, ezért koncentrációja a jégfázison belül alacsony, emiatt a jég/víz határfelületen feldúsul, és ezért a  $c$  komponens a vízfázis belseje felé diffundál, így a jég/víz határfelülettől jobbra kialakul egy olyan oldatréteg, amiben a  $c$  komponensnek kon-



■ 6. ábra. Kezdetben homogén eloszlású cseppeket tartalmazó két, nem-elegyedő fémolvadék helyzete rövid idő elteltével a hűtés során a gravitáció és a határfelületi gradienserő hatására, utóbbi mikrogravitációs környezetben

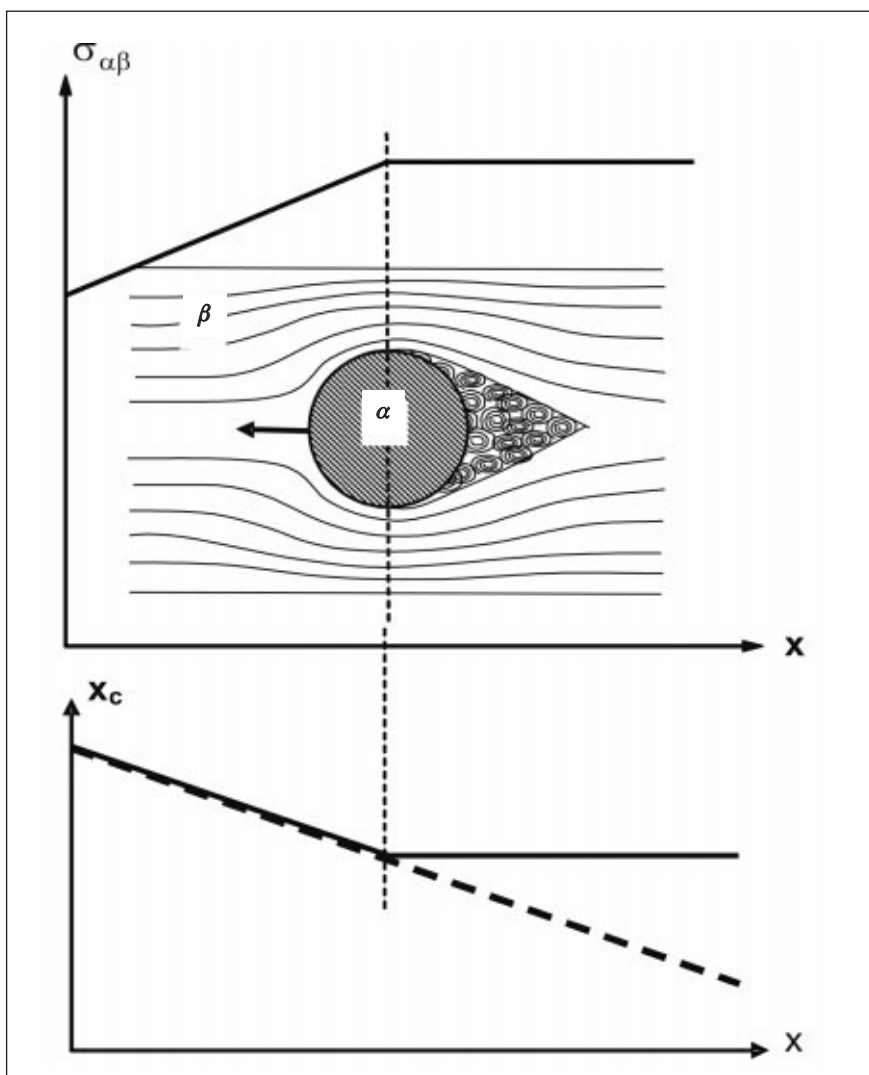


■ 7. ábra. Monotektikus ötvözet hűtése mikrogravitációs körülmények között. Mivel a hűtés kívülről történik, a csepp középpontjában van a hőközpont, és a határfelületi gradienserő minden kis cseppet a nagy csepp közepébe húz

centráció-gradiense van (lásd az alsó ábrán a koncentráció-eloszlást). Az oldatba alulról elektrokémiai úton (az elektródákat nem látni az ábrán) hidrogénbuborékokat eregetnek, melyek az edény jobb oldalán függőlegesen szállnak felfelé, mivel azok a buborékok konstans koncentrációjú oldat-

ban emelkednek, és ezért a felhajtóerőn kívül csak a sűrűlási erő hat rájuk. Ugyan-ezek a buborékok azonban a kép bal oldalán a  $c$  komponens gradiensterében emelkednek, ezért pályájuk a határfelületi gradienserő hatására módosul. A buborékok a felhajtóerő hatására függőlegesen felfelé,





■ **8. ábra.** Alacsony Reynolds-számmal mozgó, gömb alakú fázis mögött kialakuló örvény és annak hatása a fázis körül érvényes koncentráció-eloszlásra. Láthatjuk, hogy a fázis mögött a koncentráció kiegyenlítődik (az oldat összekeveredik) és a koncentráció-gradiens emiatt megszűnik

a határfelületi gradiens erő hatására azonban vízszintesen, jobbról balra mozognak. Lefilmezve a buborékok mozgását, a határfelületi gradienserő visszaszámítható.

A tisztelt Olvasóban felmerülhet, hogy az aszimmetrikus hűtés miatt a rendszerben hőmérséklet-gradiens is kell hogy legyen, ami saját határfelületi gradienserőt kell hogy generáljon. Ez az erő a vizes oldat meleg oldala felé kell hogy tolja a buborékokat, ráadásul mindegyiket (függetlenül attól, hogy azok a koncentráció-gradiens térben, vagy azon kívül emelkednek-e). Kérdés: vajon miért nem tapasztaljuk ezt a hatást? Válasz: azért nem, mert a felületi feszültség sokkal gyengébb függvénye a hőmérsékletnek, mint a koncentrációnak (lásd 1. melléklet), így ebben a kísérletben ez a hatás nem mérhető.

Koncentráció-gradiens természetesen

nem csak a 9. ábrán bemutatott módon hozható létre. Ehhez mindössze az kell, hogy valamely, a  $\beta$  fázisban oldódó komponens aszimmetrikusan kezdünk adagolni, és amíg a beadagolt komponens koncentrációja a diffúzióknak köszönhetően nem egyenlítődik ki a  $\beta$  fázis térfogatában, a  $c$  komponens koncentráció-gradiense jelen lesz a  $\beta$  fázison belül. Ha a  $\beta$  fázisban jelentős turbulens áramlás van, az részben gyorsan homogenizálja az oldatot, részben összezavarja az oldódó komponens koncentráció-eloszlását, ezért ebben az esetben a koncentráció-gradiens által indukált határfelületi gradienserő nem lép fel. Analógiaként meg kell jegyezni, hogy a cápák is a tengervízben oldott vér koncentráció-gradiense alapján találják meg áldozataikat, a növekvő vérkoncentráció irányába úszva. Ezért viharos tengeren (ahol

a turbulens áramlás összezavarja a vér koncentrációteret) hajótöröttünk megfulad, szélcsendben pedig (amikor a vér koncentrációterét semmi nem zavarja meg), hajótöröttünket megeszik a cápák (megoldás: nyaraljunk a Balatonon).

A 3.1. alfejezetben bemutatotthoz hasonlóan koncentráció-gradienssel is lehet gömböket lebegtetni, ezért erre itt részletesen nem térünk ki. A 3.2 alfejezethez hasonlóan fejezhető ki az  $\alpha$  fázis állandósult állapotban érvényes mozgási sebessége is, ezért ezt itt szintén nem ismételtem meg.

#### 4.1. Szuszpenziók kristályosodása

Az itt tárgyalt határfelületi gradienserő szuszpenziók (= folyadék, benne diszpergált szilárd szemcsékkel) kristályosodása során megváltoztatja a folyékony fémbe diszpergált szilárd részecskék kölcsönhatását a növekvő/mozgó kristályfronttal. Ez részben szilárd részecskékkel erősített fémmátrixú kompozitok, részben a szennyező szilárd részecskéket tartalmazó öntvények kristályosítása során fontos.

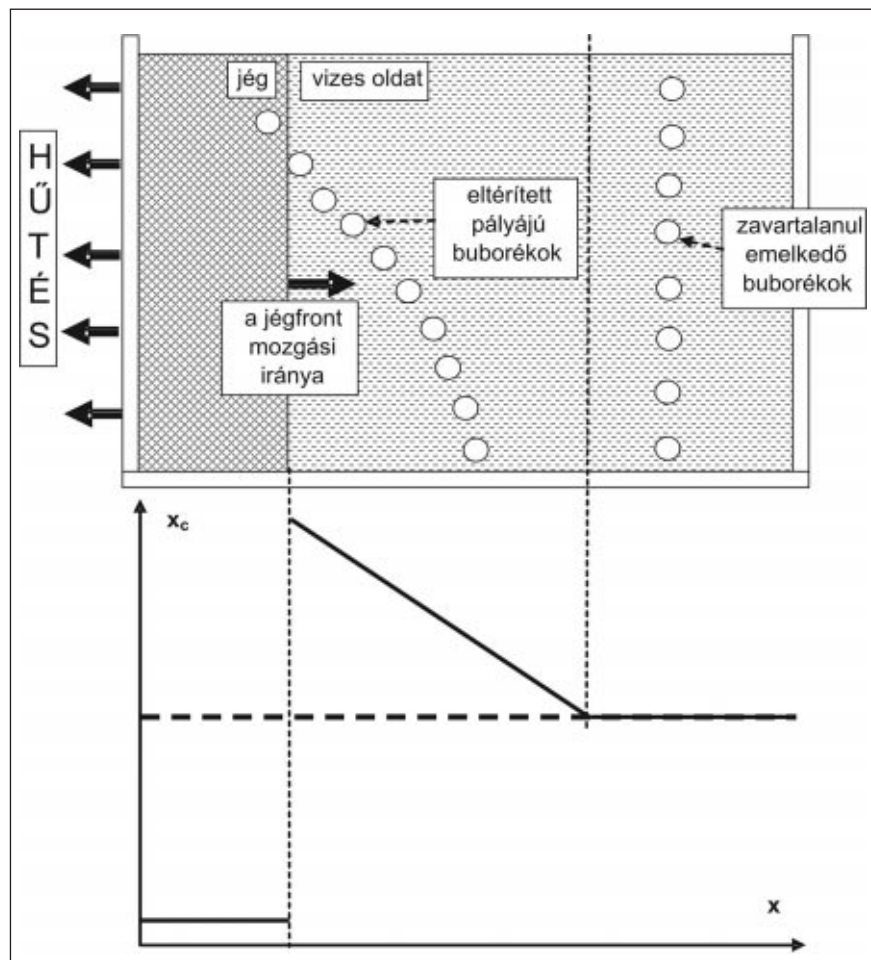
A koncentráció-gradiens által indukált határfelületi gradienserő jellemzően lecsökkenti a részecskék kristályba való beépüléséhez szükséges kritikus kristályfront sebességet [35–40], ezzel megnöveli a szemcsék növekvő kristályokba való beépülésének valószínűségét. Fent, a (14) egyenlettel kapcsolatban megállapítottuk, hogy hidrodinamikai okokból a határfelületi gradienserő szilárd részecskéket nem képes elmozdítani. Ez azonban csak a hőmérséklet-gradiens indukálta határfelületi gradienserőre volt igaz. A koncentráció-gradiens által indukált határfelületi gradienserő úgy is felléphet, hogy annak mechanizmusát a felületaktív komponens felületi diffúziója valósítja meg a szilárd szemcse/olvadék határfelületen.

Az irodalomban a legtöbbet vizsgált eset a Fe-O és/vagy Fe-S olvadékban diszpergált  $Al_2O_3$  részecskék és az acél növekvő kristályosodási frontjának a kölcsönhatása [35–39]. Lévé, hogy az acélban oldott kén és oxigén erősen felületaktív komponensek az oxidok határfelületén, ráadásul megoszlási hányadosaiknak köszönhetően erősen az olvadékfázist preferálják, ezért a kristályosodási front előtt a 9. ábrához hasonlóan feldúsul az acéolvadékban oldott kén és oxigén, ami elősegíti az oxidszemcsék beépülését a megszilárduló acélba [35–39].

## 5. Kitekintés

Ebben a cikkben tehát azt láttuk, hogy hőmérséklet- és koncentráció-terekkel buborékokat, cseppeket és szemcséket lehet megfelelő irányba mozgatni anélkül, hogy bármivel hozzájuk érjünk. Ráadásul ez a határfelületi gradienserő egyszerre nagyszámú szemcse irányítására is képes, azaz nagyon hatékony a kisméretű, de nagyszámú objektummal dolgozó mikro- és nanotechnológiában. Most két olyan koncepciót vázolok, ami az élettudományokhoz kapcsolódik ugyan, de kohómérnök fantáziáját is megmozgatja. Az egyik azért, mert a betegséggel, a másik azért, mert a születéssel kapcsolatos.

A betegségek jelentős részében csak a testünket alkotó sejtek egy kis része „beteg” (bármilyen jelentésen is ez). Ezért felesleges és néha káros is lehet minden sejtünket gyógyszermolekulákkal vakon bombáznunk, ehelyett a gyógyszermolekulákat jó lenne célra vezetni úgy, hogy csak a beteg sejtekkel kerüljenek kapcsolatba. Ez ma úgy történik, hogy a gyógyszermolekulák kis halmazát nanoméretű gyógyszerhordozó szemcsékbe/cseppekbe ágyazzák, és azokból a gyógyszermolekula elvileg csak a beteg sejthez kapcsolódva szabadul ki. Na de hogyan találja meg a gyógyszerhordozó nanocsepp a beteg sejtet, miközben a véráramban kering? Ebből a célból a nanocsepp felületét speciális bevonattal kell ellátni, olyannal, ami a beteg sejtet „érzi”. No de hogyan érez egy nanocsepp? Kohómérnöki elképzelésem szerint a beteg sejt vagy hő, vagy valamely speciális komponens bocsát ki magából, amivel eltér az egészséges sejtek viselkedésétől. Tehát a beteg sejt körül vagy hőmérséklet-, vagy valamely  $c$  komponens koncentráció-gradiense alakul ki. Ha tehát a véráramban mozgó nanocsepp ebbe a gradiens térbe kerül, esély nyílik arra, hogy a nanocseppet ez a gradiens a beteg sejthez irányítsa. Ehhez a nanocseppet olyan bevonattal kell ellátni, amelyen a leginkább adszorbeálódik a beteg sejt által kiválasztott  $c$  komponens, és így lesz a legnegatívabb a fent definiált  $d\sigma_{\alpha\beta}/dx_c$  tulajdonság, ami a maximális hajtóerőt biztosítja majd a nanocsepp célba juttatásához. Ha a beteg sejt nem komponens kibocsátásában, hanem hőkibocsátásban tér el az egészségestől, akkor a nanocseppet fedő bevonatot úgy kell tervezni, hogy azok  $d\sigma_{\alpha\beta}/dT$  tulajdonsága legyen a lehető legnegatívabb. Ezek a gra-



■ 9. ábra. Mukai és munkatársai [30, 31] kísérletének elvi vázlata, a koncentráció-gradiens indukálta határfelületi gradienserő demonstrálására és mérésére (részletes magyarázat a cikk szöveges részében)

diensek nem csak odavonzzák, hanem hosszú időn át oda is „ragasztják” a gyógyszerhordozót a beteg sejthez, így a gyógyszernek van ideje kiszabadulni a gyógyszerhordozóból. Feltételezve, hogy a különböző betegségekkel sújtott sejtek különböző komponenseket bocsátanak ki magukból, a különböző gyógyszereket hordozó nanocseppek felülete szelektív is lehet, amennyiben az adott betegségre legjobban reagáló bevonattal látjuk el azokat. Hát ennyit a betegségek gyógyításáról.

Most nézzük a születést, illetve annak első lépését, a megtermékenyítést. Az iskolában én is tanultam, hogy a hímivarsejt a farkával evez, így találja meg a petesejtet. Ez szép, de ha mindez ilyen egyszerű, akkor miért tartja a természet az érett petesejtet 37 °C-on, és miért tartja a hímivarsejtet 34 °C-on, miközben testünk átlagos hőmérséklete 36 °C? Sőt, mindezen célból az evolúció még arra is képes volt, hogy a férfi biztonságos hasi üregéből egy sokkal kevésbé biztonsá-

gos helyre száműzze a herét (ami látszólag ellentmond annak az elvnek, hogy az evolúció során a fajfenntartás biztosítása a központi cél). Jelen cikk végén nem tudok másra gondolni, minthogy a hímivarsejtek célba juttatásának egyik mechanizmusa a hőmérséklet-gradiens által indukált határfelületi gradienserő. Ez legalábbis a nyákon keresztül valószínű, aminek nagy viszkozitása nem teszi lehetővé a spermiumok farokuszony csapódásait, de ott is át kell jutni valahogy, ha a hímivarsejt a petesejthez akar jutni (és közben a nőt sem akarja a természet megfosztani a védőfunkciót ellátó nyáktól). Ha ez igaz, a megtermékenyítés esélye annál nagyobb, minél nagyobb a hőmérséklet-gradiens a petesejt (forró pont) és a hímivarsejt (hideg pont) között. Az érett petesejtet a nő hasüregében nem lehet a jelenleginél jobban túlfűteni, hiszen azzal veszélyeztetnénk a környezetében lévő sejtek épességét. Ezért van szükség a hímivarsejtek hűtésére, ami azonban a hasüregben egy egész életen át nem megoldható.

## 1. melléklet. A határfelületi energia hőmérséklet- és koncentrációfüggése

A határfelületi gradienserő két anyag tulajdonságtól függ:  $d\sigma_{\alpha\beta}/dT$  és  $d\sigma_{\alpha\beta}/dx_c$ . Ezen túl különbséget kell tennünk az összes elképzelhető  $\alpha/\beta$  fáziskombináció között. Ebben a mellékletben csak a fémolvadék/gáz és fémolvadék/fémolvadék  $\alpha/\beta$  fázistípus kombinációkra adunk meg közelítő képleteket a  $d\sigma_{\alpha\beta}/dT$  és  $d\sigma_{\alpha\beta}/dx_c$  mennyiségekre [41–44].

Kezdjük a határfelületi energia hőmérsékleti koeficiensével. Az  $\alpha$  fémolvadék/gáz rendszerekre a következő közelítő elméleti képlet érvényes [44]:

$$\frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \approx -\frac{0,182 \cdot C_{p,\alpha} + 27,3 \cdot \beta_{\alpha} \cdot T_{m,\alpha} - 2,2 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_{\alpha} \cdot T_{m,\alpha}^2 - 1,2}{(V_{\alpha})^{2/3} \cdot (N_{Av})^{1/3}}, \quad (16)$$

ahol  $T_{m,\alpha}$  a fém olvadáspontja (K),  $C_{p,\alpha}$  a fémolvadék hőkapacitása (J/molK),  $V_{\alpha}$  a fémolvadék moláris térfogata ( $\text{m}^3/\text{mol}$ ),  $N_{Av} = 6,02 \cdot 10^{23}$  1/mol, az Avogadro-szám,  $\beta_{\alpha}$  a fémolvadék hőtágulási tényezője (1/K). Ha utóbbi nem ismert, értéke a következő egyenletből becsülhető meg [44]:

$$\beta_{\alpha} \approx \frac{(0,62 \pm 0,23) \cdot C_p}{218,7 \cdot T_{m,\alpha} - 0,0181 \cdot T_{m,\alpha}^2}, \quad (17)$$

Mint látjuk, a (16, 17) képletek használatához elegendő a fém olvadáspontját, illetve a fémolvadék olvadásponton érvényes hőkapacitását és moláris térfogatát ismerni ahhoz, hogy a fémolvadék felületi feszültségének hőmérsékleti koeficiensét megbecsüljük. A becslés a szilárd állapotban *fcc*, *bcc* vagy *hcp* fémekre működik jól, a többi fémre az eredmény jósága esetleges.

A (16) egyenlet elméleti levezetésének eredménye a Cs, K, Na, Pb, Sr, Tl, Ca, Al, Ag, Au, Cu, Ni, Co fémekre ismert kísérleti értékeket  $\pm 20\%$ -os jósággal képes reprodukálni [45]. Ezek azok a fémek, amelyekre *Eustathopoulos* és munkatársai szerint a felületi feszültség hőmérsékleti koeficiens a legnagyobb biztonsággal ismert [45]. A jellemző érték a  $-(1...4) \cdot 10^{-4}$  J/m<sup>2</sup>K tartományban helyezkedik el.

Egymással nem elegyedő,  $\alpha$  és  $\beta$  fémolvadékok határfelületi energiájára a hőmérsékleti koeficiens közelítő képlete [13, 42, 43]:

1. táblázat. Egységnyi felületre vonatkoztatott határfelületi gradienserők összevetése

y	$\frac{d\sigma}{dy}$	$\frac{dy}{dx}$ maximum	$\frac{d\sigma}{dx}$ maximum
T	$2 \cdot 10^{-4}$ J/m <sup>2</sup> K	1000 K/m	0,2 N/m <sup>2</sup>
$x_c$	40 J/m <sup>2</sup>	1 /m <sup>-1</sup>	40 N/m <sup>2</sup>

$$\frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dT} \approx \frac{-\left(5,7 + 6,6 \cdot \frac{T}{T_c}\right) \cdot \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^{0,26} \cdot \left[1 + \frac{T_c}{3} \cdot (\beta_{\alpha} + \beta_{\beta})\right] \cdot \left(1 - \frac{T}{T_c}\right) + 6,6 \cdot \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^{1,26}}{\sqrt[3]{V_{\alpha} \cdot V_{\beta} \cdot N_{Av}}}, \quad (18)$$

ahol  $T_c$  az  $\alpha/\beta$  fémolvadékok szételegyedési kritikus hőmérséklete (K),  $V_{\beta}$  a  $\beta$  fémolvadék moláris térfogata ( $\text{m}^3/\text{mol}$ ),  $\beta_{\beta}$  pedig a  $\beta$  fémolvadék hőtágulási együtthatója (1/K).

Amennyiben minden fizikai mennyiséget SI mértékegységben írunk a (18) egyenletbe, akkor az eredmény is SI mértékegységben adódik (J/m<sup>2</sup>K). Ha a hőtágulási együttható nem ismert, az most is a (17) egyenlettel becsülhető. A (18) elméleti egyenlet jól írja le a Ga-Pb [46] és Al-Bi [47] rendszerekben mért értékeket (ennél több, széles hőmérséklettartományban mért értéksor sajnos nem ismert az irodalomban). Mivel a (18) egyenlet arányos az  $1 - (T/T_c)$  kifejezéssel, a határfelületi energia hőmérsékleti koeficiens  $T$  növelésével meredeken a zérus értékre zuhan a  $T = T_c$  pontban. Kisebb hőmérsékleteken a jellemző érték a fentihez hasonló,  $-(0,5...5) \cdot 10^{-4}$  J/m<sup>2</sup>K tartományban van.

Az egymással nem elegyedő fémolvadékok határfelületi energiája a kétfázisú folyadék/folyadék tartományban adott hőmérsékleten koncentráció-független, azaz rá érvényes a  $d\sigma_{\alpha\beta}/dx_c = 0$  egyszerű kifejezés. A fémolvadékok folyadék/gáz felületi feszültsége koncentráció szerinti koeficiensének legegyszerűbb képlete:

$$\frac{d\sigma_{\alpha\beta}}{dx_c} = \frac{a}{1 + b \cdot x_c}, \quad (19)$$

ahol  $a$  és  $b$  félempirikus paraméterek, melyek az anyagi minőség és a hőmérséklet függvényei. Az Fe-O rendszerre a (19) egyenlet paraméterei  $T = 1873$  K hőmérsékleten:  $a = 75$  J/m<sup>2</sup>,  $b = 6000$ ,  $x_c$  = a vasolvadékban oldott oxigén móltörtje [48] (az oldhatóság:  $x_c = 0,0056 = 0,16$  t%). Mint a (19) egyenletből látjuk,  $d\sigma_{\alpha\beta}/dx_c$

értéke erősen függ  $x_c$  értékétől. Esetünkben 10 ppm és 100 ppm oxigéntartalom (azaz  $x_c = 3,5 \cdot 10^{-5} \dots 3,5 \cdot 10^{-4}$ ) tartományban:  $d\sigma_{\alpha\beta}/dx_c$  értéke a 62 ... 24 J/m<sup>2</sup> sávban változik.

Az 1. táblázatban összevetjük a hőmérséklet-gradiens és a koncentráció-gradiens által okozott, egységnyi felületre vonatkoztatott (N/m<sup>2</sup> mértékegységű) határfelületi gradienserők értékeit. Láthatjuk, hogy a koncentráció-gradiens kb. két nagyságrenddel nagyobb hatást képes kifejteni a hőmérséklet-gradienshez képest, feltéve persze, hogy jelen van egy felületaktív komponens az oldatban, és annak gradiense is van.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást a CK 80255 számú célzott alapkutatói projekt támogatta (OTKA-NKTH közös finanszírozás). Szerző köszönetét fejezi ki a BKL Kohászat szerkesztőségének, hogy lehetővé tették e cikksorozat publikálását.

Ezt a cikksorozatot Édesapám, *id. Kaptay György* kohómérnök (1933–2008) emlékének ajánlom.

Az élettudományi szöveget *dr. Blazsó Gábor* lektorálta, amiért külön köszönet.

## Irodalom

- [1] Kaptay Gy.: Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban. 1. rész. A határfelületi erők osztályozása. BKL Kohászat, 2009., 142. évf., 3. szám, 39–46. o.
- [2] Kaptay Gy.: Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban. 2. rész. A határfelületi összehúzó erő. BKL Kohászat, 2009., 142. évf., 6. szám, 37–46. o.
- [3] Kaptay Gy.: Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban. 3. rész. A



görbület indukálta határfelületi erő. BKL Kohászat, 2010., 143. évf., 3. szám, 33–38. o.

- [4] Young, N. O. – Goldstein, J. S. – Block, M. J.: The motion of bubbles in a vertical temperature gradient. *J. Fluid Mech.*, 1959, v.6, pp. 350–356
- [5] Kaptay, G.: Classification and general derivation of interfacial forces, acting on phases, situated in the bulk, or at the interface of other phases. *J. Mater. Sci.*, 40 (2005) 2125–2131.
- [6] Kaptay, G. – Vermes, G.: Interfacial forces: classification. *Encyclopedia of Surface and Colloid Science*, Taylor & Francis, 2009, pp. 1–19, DOI: 10.1081/E-ESCS-120044936
- [7] Harper, J. F. – Moore, D. W. – Pearson, J. R. A.: The effect of the variation of surface tension with temperature on the motion of bubbles and drops. *J. Fluid Mech.*, 1967, vol. 27, pp. 361–366
- [8] Hardy, S. C.: The motion in a vertical temperature gradient. *J. of Colloid and Interface Science*, 1979, vol. 69, No 1, pp. 157–162
- [9] Merritt, R. M. – Subramanian, R. S.: The migration of isolated gas bubbles in a vertical temperature gradient. *J. of Colloid and Interface Science*, 1988, vol. 125, No 1, pp. 333–339
- [10] Wozniak, G. – Balasubramanian, R. – Hadland, P. H. – Subramanian, R. S.: Temperature fields in a liquid due to the thermocapillary motion of bubbles and drops. *Experiments in Fluids*, 2001, vol. 31, pp. 84–89
- [11] Malai, N. V. – Scchukin, E. R. – Yalamov, Yu. I.: The effect of medium on the thermocapillary force of a heated droplet drifting in a viscous liquid in the field of external temperature gradient. *High Temperatures*, 2002, vol. 40, pp. 105–111
- [12] Bassano, E. – Castaglione D.: Marangoni migration of a methanol drop in cyclohexane matrix in a closed cavity. *Microgravity Sci. Techn.*, 2003, vol.14, pp. 20–33
- [13] Kaptay, G.: On the temperature gradient induced interfacial gradient force, acting on precipitated liquid droplets in monotectic liquid alloys. *Materials Science Forum*, 2006, vol. 508, pp. 269–274
- [14] Raychenko, O. – Byakova, A. – Nakamura, T. – Gnyloskurenko, S.: Thermocapillary phoresis of inclusions with interphase surfactant. *Mater. Sci. Eng. A.*, 2008, vol. 495, pp. 326–329
- [15] Pötschke, J. – Rogge, V.: On the behaviour of foreign particles at an advancing solid-liquid interface. *Journal of Crystal Growth*, 1989, v. 94, pp. 726–738
- [16] Zhao, J. Z. – Drees, S. – Ratke, L.: Strip casting of Al-Pb alloys – a numerical analysis. *Mater. Sci. and Eng.*, 2000, vol. A2 82, pp. 262–290
- [17] Wang, C. P. – Liu, X. J. – Ohnuma, I. – Kainuma, R. – Ishida, K.: Formation of immiscible alloy powders with egg-type microstructure. *Science*, 2002, vol. 297, pp. 990–993
- [18] Wu, M. – Ludwig, A. – Ratke, L.: Modeling of Marangoni-induced droplet motion and melt convection during solidification of hypermonotectic alloys. *Metall. Mater. Trans.*, 2003, vol. 34A, pp. 3009–3019
- [19] Zhao, J. Z. – Ratke, L.: A model describing the microstructure evolution during a cooling of immiscible alloys in the miscibility gap - *Scripta Mater.*, 2004, vol. 50, pp. 543–546
- [20] He, J. – Zhao, J. – Wang, X. – Zhang, Q. – Li, H. – Chen, G.: Investigation of rapid directional solidification of Al-based immiscible alloys. *Acta Metall Sinica*, 2007, vol. 43, pp. 561–566.
- [21] Iida, T. – Guthrie, R. I. L.: *The Physical Properties of Liquid Metals*, Clarendon Press, Oxford, 1993, pp. 288
- [22] Massalski, T. B. (ed): *Binary Alloy Phase Diagrams*. Second ed., 3 volumes, ASM International, 1990.
- [23] Andrews, J. B. – Sandler, A. C. – Curreri, P. A.: Influence of gravity level and interfacial energies on dispersion-forming tendencies in hypermonotectic Cu-Pb-Al alloys. *Metall. Trans. A.*, 1988, vol. 19A, pp. 2645–2650
- [24] Sandlin, A. C. – Andrews, J. B. – Curreri, P. A.: The influence of interfacial energies and gravitational levels on the directionally solidified structures in hypermonotectic alloys. *Metall. Trans. A.*, 1988, vol. 19A, pp. 2665–2669
- [25] Svéda, M. – Roósz, A. – Sólyom, J. – Kovács, A. – Buza G.: Development of monotectic surface layers by CO<sub>2</sub> laser. *Mater. Sci. Forum*, 2003, vols. 414–415, pp. 147–152
- [26] Svéda, M. – Roósz, A. – Buza, G.: Formation of lead bearing surface layers on aluminum alloys by laser alloying – *Mater. Sci. Forum*, 2006, vol. 508, pp. 99–104
- [27] Budai, I. – Kaptay, G.: A new class of engineering materials: particles stabilized metallic emulsions and monotectic alloys. *Metall. Mater. Trans. A.*, 2009, vol. 40A, pp. 1524–1528
- [28] Budai, I. – Kaptay, G.: Wettability of SiC and alumina particles by liquid Bi under liquid Al. *J. Mater. Sci.*, 2010, vol. 45, pp. 2090–2098
- [29] Anderson, J. L. – Lowell, M. E. – Prieve, D. C.: Motion of a particle by chemical gradients Part 1. Non – electrolytes – *J. Fluid Mech.*, 1982, vol. 117, pp. 107–121
- [30] Wang, Z. – Mukai, K. – Lee, I. J.: Behaviour of fine bubbles on front of the solidifying interface. *ISIJ International*, 1999, vol. 39, pp. 553–562
- [31] Wang, Z. – Mukai, K.: Behaviour of bubbles in front of a solidifying interface. *Materials Science Forum*, 1999, vols. 329–330, pp. 139–144
- [32] Kaptay, G. – Kelemen, K. K.: The force acting on a sphere moving towards a solidification front due to an interfacial energy gradient at the sphere/liquid interface. *ISIJ International*, 2001, vol. 41, pp. 305–307
- [33] Kaptay, G. – Kelemen, K. K.: An interfacial force acting on a spherical particle in the interfacial energy gradient. *Trans. JWRI*, 2001, vol. 30, pp. 305–310
- [34] Poirier, D. R. – Geiger, G. H.: *Transport Phenomena in Materials Processing*. TMS, Warrendale, 1994, pp. 658
- [35] Shibata, H. – Yin, H. – Yoshinaga, S. – Emi, T. – Suzuki, M.: In-situ observation of engulfment and pushing of nonmetallic inclusions in steel melt by advancing melt/solid interface. *ISIJ International*, 1998, v. 38, No. 2, pp. 149–156
- [36] Kimura, S. – Nabeshima, Y. – Nakajima, K. – Mizoguchi, S.: Behavior of nonmetallic inclusions in front of the solid-liquid interface in



- low-carbon steels. Metallurgical and Materials Transactions B, 2000, v. 31B, pp. 1013–1021
- [37] Kaptay, G.: Reduced Critical Solidification Front Velocity of Particle Engulfment due to an Interface Active Solute in the Liquid Metal. Metall. Mater. Trans., 2002, vol. 33A, pp. 1869–1873
- [38] Ohta, H. – Suito, H.: Effect of sulfur and oxygen on engulfment and pushing of deoxidation particles of  $ZrO_2$  and  $Al_2O_3$  during solidification of Fe-10mass%Ni alloy. ISIJ Int., 2006, vol. 46, pp. 472–479
- [39] Pfeiler, C. – Thomas, B. G. – Wu, M. – Ludwig, A. – Kharicha, A.: Solidification and particle entrapment during continuous casting of steel. Steel Res. Int., 2008, vol. 79, pp. 599–607
- [40] Karantzalis, A. E. – Lekatou, A. – Georgatis, E. – Mavros, H.: Solidification behaviour of ceramic particle reinforced Al-alloy matrices. J. Mater. Sci., 2010, vol. 45, pp. 2165–2173.
- [41] Kaptay Gy. – Bolyán L.: Kerámiával erősített fémmátrixú kompozitanyagok gyártásának határfelületi vonatkozásai. BKL Kohászat, 1998. 131. évf., 5–6. szám, pp. 179–185 és 9–10. szám, pp. 305–314
- [42] Kaptay, G.: Modelling Interfacial Energies in Metallic Systems – Materials Science Forum, 2005, vols. 473–474, pp. 1–10
- [43] Kaptay, G.: A CALPHAD-compatible method to calculate liquid/liquid interfacial energies in immiscible metallic systems. Calphad, 2008, vol. 32, pp. 338–352
- [44] Kaptay, G.: A unified model for the cohesive enthalpy, critical temperature, surface tension and volume thermal expansion coefficient of liquid metals of bcc, fcc and hcp crystals. Mater. Sci. Eng. A., 2008, vol. 495, pp. 19–26.
- [45] Eustathopoulos, N. – Ricci, E. – Drevet, B.: Tension superficielle. Techn. Ing., 1998, vol. M67, pp. 1–13
- [46] Chatain, D. – Martin-Garin, L. – Eustathopoulos, N.: Etude expérimentale de la tension interfaciale liquide-liquide du système Ga-Pb entre les températures monotectique et critique. J. Chim. Phys., 1982, vol. 79, pp. 569–577
- [47] Kaban, I. – Hoyer, W. – Merkwitz, M.: Experimental study of the liquid/liquid interfacial tension in immiscible Al-Bi system. Z. Metallkunde, 2003, vol. 94, pp. 831–834
- [48] Ogino, K. – Nogi, K. – Hosoi, C.: Surface tension of molten Fe-O-S alloy. ISIJ, 1983, vol. 69, pp. 47–52

## Nanotechnológiai képzés a Miskolci Egyetemen

Miután 2006 nyarán megalakult a Bay Közalapítvány miskolci Bay-Nano Nanotechnológiai Kutatóintézete, felmerült annak a lehetősége, hogy a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának akkreditált anyagmérnöki és kohómérnöki képzéseinek keretében nanotechnológiai szakirányokat indítsunk. Ebből a célból 2007 tavaszán a Kari Tanács az Anyagtudományi Intézetben belül megalapította a Kihelyezett Intézeti Nanotechnológia Tanszékét, ami természetesen a Bay-Nano-ba volt „kihelyezve”. Ezt erősítette az is, hogy addigra a Bay-Nano „beköltözött” a Miskolci Egyetem campusára, hiszen ott béreltünk irodákat és laboratóriumi területet is. A tudományos és oktatási együttműködést az Egyetem rektora és a Közalapítvány akkori főigazgatója által aláírt Megállapodás kodifikálta. A kihelyezett tanszék és a nano szakirányok vezetésével 2007 nyarán dr. Gácsai Zoltán dékán a Bay-Nano akkori igazgatóját, jelenlegi tudományos igazgatóhelyettesét, dr. Kaptay Györgyöt bízta meg.

A tanterveket a Kari Tanács 2008 tavaszán fogadta el, az első hallgatók 2008 szeptemberétől kezdtek nanotechnológiát

tanulni, s közülük tízen már 2010 júniusában államvizsgáztak is. A képzés nappali és levelező szakon, két szinten is folyik. A BSc (alapképzés) anyagmérnöki szakán „nanotechnológiai szakirány” elnevezéssel, az MSc (mesterképzés) anyagmérnöki és kohómérnöki szakjain „nanotechnológiai kiegészítő szakirány” elnevezéssel. Ezt egészíti ki a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolában folyó PhD szintű képzés, „nanotechnológia tématerület” elnevezéssel.

A hét féléves anyagmérnök BSc képzés 3. félévében „Nanoanyagok” címen egy törzsanyagok tantárgy ismerteti az alapokat. A szakirányon négy féléven át összesen 29 heti kontaktórában tanulják a hallgatók a következőket: nanofelbontású mérés-technikák, határfelületi nanojelenségek, nanodiszpergálás, nanoporok feldolgozása, intenzív képlékenyalakítás, nanoelektrokémia, karbon nanostruktúrák, nanotechnológiák. Ezen szakirányon kívül a hallgatók egy másik, „megszokott” anyagmérnöki és kohómérnöki szakirányok egyikén is tanulnak.

A négy féléves Anyagmérnök MSc és Kohómérnök MSc szakokon egymással össze-

vonva folyik a „nanotechnológiai kiegészítő szakirány” oktatása, összesen 20 heti kontaktórában, a következő tárgyak keretében: nanometrológia, nanodiszperz rendszerek, nanokompozitok, nanoelektroszintézis, nanoanyagok egyensúlya, tömbi nanoanyagok, nanoelektronika. Ezen kiegészítő szakirány mellett (sőt elsősorban) a hallgatók a „megszokott” anyagmérnöki és kohómérnöki szakirányok egyikén is tanulnak.

Mint látjuk, a BSc és az MSc szinteken a „nanotechnológiai” szakirány nem az egyedüli, amit a hallgató tanul (ha egyáltalán ezt választja). Ez tudatosan van így. Tisztában vagyunk azzal, hogy „nanogyár” nem létezik, ezért nanotechnológiát kizárólag valamilyen jól definiált szakmai tudáshoz kapcsolódóan érdemes tanítani, avagy önmagában a nanotechnológia értelmetlen valami, azonban összekapcsolva az öntéssel, a metallurgiával, a képlékenyalakítással vagy a hőkezeléssel, értelmesen és hasznosan egészíti ki hallgatóink tudását a fémek anyaggyártás lehetőségeiről.

 (Kaptay)

## Emléktanulmányút Erdélybe

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezetének felhívására 2010. szeptember 23-26-a között az OMBKE, az OEE, valamint a KTE szakembereiből álló, 35 tagú csoport autóbusszal indult az erdélyi Sóvidékre, *Reisz Péter* bányamérnök (1. kép), a parajdi sóbánya, majd a romániai sóbányák néhai igazgatója, ill. vezérigazgatója halálának 10 éves évfordulójáról történő megemlékezésre. A Sóvidék nevezetes sóbányája szoros szakmai és üzleti kapcsolatot tartott és tart ma is a helyi és a magyarországi bányászokkal és erdészekkel, valamint a legnagyobb megrendelő Magyar Közút Rt. szakembereivel.

Szeptember 23-án a kora reggeli órákban Budapestről indult útnak a társaság, melyhez sokan Kecskeméten és három Püspökladányban csatlakoztak. Kitűnő hangulatban, de a rendkívül nagy forgalomban a tervezettnél lassabban haladtunk a Nagyvárad-Torda-Balavásár útvonalon a csoportot vezető és az utat megszervező *Dánfy László* a. Bubu szakmai és történeti áttekintésére is figyelve. Már erősen szürkült, amikor Hármassfaluba érkezünk, ahol *Reisz Erzsébet*, *Reisz Péter* özvegye és a család, valamint a helyi rokonság a Művelődési Ház erre a célra előkészített termében, baráti módon, frissítő áfonyalikőrrel és helyi sütésű kaláccsal kedveskedett az utazási fáradtságot feledni igyekvő megérkezőknek.

A meleg, baráti üdvözlő szavak után, már sötétben, de a telihold fényében indultunk gyalog a két kilométerre lévő temetőbe, ahol elhelyeztük koszorúinkat *Reisz Péter* barátunk halványszürke, sóhegy formájú és bányászkereszttel ékesített márvány síremlékén (2. kép). Az OMBKE részéről *Dánfy László* vezetésével bányász, kohász és olajbányász csoporttagjaink, az OEE részéről *Major László* vezetésével a SEFAG Rt. és NEFAG Rt., valamint az FVM MSZGH Erdészeti Igazgatóság képviselői helyezték el a koszorúkat. Az ugyancsak jelenlévő, Kolozsvárról érkezett dr. *Wanek Ferenc* professzor az EMT Bányász-

ti, Kohászati és Földtani Szakosztálya részéről helyezte el az emlékezés koszorúját. A sírnál *Kiss Dénes* helybéli lelkész, aki a 10 évvel ezelőtti temetésen is ellátta a szolgálatot, mondott hálaadó imát. Az OMBKE részéről *Dánfy László* méltatta *Péter* barátunk emberi szeretetét és barátságát, majd a *Reisz* család részéről *Reisz Erzsébet*, *Péter* felesége mondott köszönetet a nemes kezdeményezésért. A család jelenlévő tagjai, leánya *László Ildikó* és ifj. *Reisz Péter* meghatottan erősítették meg édesanyjuk szavait. Az emlékezések után a Bányászhimnusz és az Imhó a föld alá megyünk... aktuális szakaszait énekeltük el a holdfényben fürdő hármassfalui temetődombon, majd visszatértünk a Művelődési Ház termébe, ahol folytatódott a meleg, baráti emlékezés az időközben kiegészített, vendégmarasztaló enni- és innivaló mellett. Itt is felcsendültek a jól ismert selmeci dalok *Timár József* a. Csávó és *Kindla Norbert* a. Hosé erdészek vezényletével. Helyi idő szerint késő este értünk Parajdra, ahol vacsora után elfoglaltuk szállásunkat a frissen felújított hotelban.

Reggeli után Szovátrára vezetett utunk, ahol a helyi erdészek hívták fel figyelmünket a látnivalókra. Továbbutaztunk Korondra, ahol egy éppen folyamatban lévő hídfelújítás miatt gyalog keltünk át a faze-kasok faluján. Közben növekedett a cipelnivaló is, mert sokan most sem tudtak ellenállni a gazdag népművészeti választéknak. *Józsa Jánoséknál* az utolsó bevásárlást is megejtve indultunk Farkaslakára *Tamási Áron* sírjához, majd Szejkefürdőn a legnagyobb székely, *Orbán Balázs* székelykapukon keresztül megközelíthető, a Borvízoldalban lévő sírja mellett tisztelegve futottunk be Székelyudvarhelyre. A rövid buszos városnéző körút után irány a Hargita fennsíkján fekvő Szentegyháza. Itt a Múzeum Szállóban a Gyermekefiharmónia Alapítvány vezetője, a Magyar Örökség díjjal is kitüntetett tanár, *Haáz Sándor* várt bennünket finom ebéddel. Tanítványai csíki viseletbe öltözve egy rögtönzött, kedves be-



■ 1. kép. *Reisz Péter*, a parajdi sóbánya néhai igazgatója

mutató műsorral leptek meg bennünket. Visszatértünk közben már az aznap délután négy órára meghirdetett sóbányabeli ökömenikus hálaadásra, és az azt követő vacsorára is gondolva készültünk az emlékező szakestélyünkre.

Meglepetésünkre, a sóbányában *Reisz Péter* igazgatósága idején kialakított Nepomuki Szent János kápolnában, több száz helybeli aktív és már nyugdíjas sóbányász és családtagjaik gyűltek össze a Sóbánya Vállalat igazgatóságának és *Reisz Péter* leányának, a falusi és gyógyturizmusban munkálkodó Transtur Kft. ügyvezetőjének a meghívására.

A szentmise után a sóbánya igazgatója, *Seprődi Zoltán* bányamérnök, az emlékbeszédét követően meghívta a jelenlévőket egy vacsorára, a bánya felsőbb részén lévő sókamrában nemrég kialakított Telegdy Károly borozóba. *Telegdy Károly* 1970-ig volt a bánya igazgatója. Az ő szívós munkájának köszönhető a parajdi sóbányászat fennmaradása. A vendégek között a parajdi erdészet képviselői és a sóbánya korábbi, már nyugdíjban lévő vezetői is jelen voltak. *Moldován Emil* és *Ambrus Zoltán* barátunkkal felelevenítettük az elmúlt 10 év közös élményeit. Az általunk tervezett emlékező szakestélyt csak a vacsoravendégek távozása után tudtuk a selmeci hagyomá-

nyok szerint megtartani *Kiss Csaba* a. Balhész Charly bányamérnök elnökle, Dánfy László a. Bubu vegyészmérnök háznagysága, *Sáfár László* a. Rozmár kohómérnök visszhangsága, Tímár József a. Csávó és Kindla Norbert a. Hosé erdőmérnökök notabírósága, Péntek Lajos a. Krigli olajmérnök balekcsőszsége és *Búzás Márton* a. Bodegák Királya bányamérnök kozekvenciásága mellett. Ez alkalommal velünk volt *dr. Köllő Gábor* EMT elnök is, a kolozsvári Műegyetem építész professzora. A Reisz Péterre emlékező Komoly pohárban Dánfy László háznagy méltatta az 1995 óta vele barátságban volt Reisz Péter szakmai és emberi kiválóságát, köszönetet mondva a család jelen lévő tagjainak a megemlékezési kezdeményezés felkarolásáért. A balekavatás alkalmával *Seprődi Zoltán* bányamérnök a keresztségében Főshágó, *Sebestyén József* bányamérnök Sőhajtó, *dr. Koncz István* szülész orvos Nyílasmester és *dr. Péntek Izabella* szemész orvosnő Szembenéző vulgo nevet kapták a választott keresztapák közreműködésével, miután sikeresen megbuktak a balekvizsgán. A selmeci dalok és a hozzászólások után a himnuszok és a Gaudeamus Igitur, valamint a záróénekek visszhangjával teli sókamrában baráti beszélgetéssel fejeződött be az élményekben dús nap.

Szombatra virradva belecseppentünk az immáron 16. alkalommal megrendezett Nemzetközi Töltöttkáposzta Fesztivál forgatagába. A rendezők kérésére egyenruhás, zárt alakzatban mi is részt vettünk a felvonuláson OMBKE tábla alatt. A menetet vezető Sólovagot követő bányász zenekar után lépkedő helyi nobilitások mögött mehettünk végig a településen. Mindenütt nagy tapssal és lelkes integetéssel fogadták a helyiek és a máshonnan érkezett vendégek a magyar bányászok, kohászok és erdészek csapatát. Dánfy László, mint a csapat vezetője, meghívást kapott a parkban felállított pódiumra, ahonnan a szervezők kérésére üdvözölhette a Fesztivál résztvevőit az OMBKE, az OEE és a KTE nevében, köszönetet mondva a meghívásért és a meleg fogadtatásért. Jó szerencsét és Noroc Bun köszöntéssel zárta rövid beszédét.

A Telegdy Vendéglőben elfogyasztott töltött káposztás ebéd után Buccsin-tetőn történt rövid pihenővel indultunk Gyergyóba. Miközben a Mezőhavas felől érkező fenyőillatú friss levegőben a székelő kömnyes és az azt kísérő Hargita sör nemes ízpompáját élveztük, szovátai idős magya-



■ 2. kép. Reisz Péter síremléke

rokból álló csoport telepedett mellénk. Volt velük egy hegedűs székelő is, akinek kíséretében együtt énekeltük a szép erdélyi dalokat. Nézve a kicsit meggyötört idős magyar arcokat, sokunknak könny szökött a szemébe, látva és érezve, hogy ezek a magyar emberek minden nehézség ellenére magyarok akarnak maradni itt Erdélyben! Mi ebben kell hogy segítsük őket ott, ahol alkalmunk nyílik rá!

A Békás-szorosbeli séta és uzsonna után a Gyilkos-tó mellett igyekeztünk Gyergyószárhegyre, ahol a Lázár-kastély impozáns, és a kedvünkért cserépkályhák által befűtött lovagtermében *Bethlen Gábor* fejedelemre emlékeztünk a második szakestélyünkön, amelynek elnöke Dánfy László a. Bubu lett, s aki a háznagy tisztére *Bognár Gábor* a. Pagát erdőmérnököt kérte fel. Az előző napi szakestélyen nyújtott kiváló teljesítményeket méltányolva, a további nélkülözhetetlen tisztségekre ugyanazon nemes firmákat jelölte ki az elnök. Ezen a szakestélyen a gyergyói erdészek képviselői is jelen voltak.

Az OMBKE általunk ismert története során szakestélyt lovagteremben még nem tartottak. Ezt, és a helyet is figyelembe véve, Dánfy László a. Bubu a Komoly pohárban Bethlen Gábor fejedelem életútját ismertette kihangsúlyozta a fejedelem elkötelezettségét az erdélyi nemesfém és sóbányászat felvirágoztatásában, mellyel megteremtette Erdély aranykorának kezdetét, s melyet az utódok fényesítettek a 30 éves háború végéig. *Dzsida József* gondolatait,

a Nincsenek már selmeci diákok...c. vers interpretálásával Bognár Gábor a. Pagát erdőmérnök háznagy osztotta meg a jelenlévőkkel. Reisz Erzsébet, aki rokonságával ezen a szakestélyünkön képviselte a családot, ezen a helyen is köszönetet mondott a velük együtt történt emlékezésért. A szakestélyt követően visszatértünk Parajdra a vacsora elköltésére.

Vasárnap, reggeli után, a már kicsit elromló időben Marosvásárhelyre mentünk, ahol autóbusból megtekintettük a nevezetes épületeket, emlékműveket. Továbbmenve Kolozsvárra értünk, ahol a Bethlen bástyától indulva gyalogszerrel megnéztük a Kincses város nevezetes épületeit, templomait, és végül a Házsongárdi temetőben felkerestük az egyetemes magyar kultúra erdélyi nagyságainak síremlékeit. Szemerkélő esőben indultunk Tordaszentlászlóra, ahol a Tamás Bisztró népviseletbe öltözött háziasszonya és munkatársnői szolgálták fel a specialitásukként híressé vált „gulyáspörköltet” és az áfonyalekváros palacsintát. Testiekben megerősödve vágtunk neki a hazavezető hosszú útnak.

Végezetül ki kell emelnünk, hogy a megemlékezés általunk történt kezdeményezése a határon túli szakemberekben megerősítette az összetartozás érzetét mind a szakmaszeretet, mind a barátság és a hazaszeretet vonatkozásában. Kérésüket itt is tolmácsolva, számítanak a rendszeres találkozókra!

Jó szerencsét! Üdv az Erdésznek!

✍️ Dánfy László, Bognár Gábor



# A Korróziós Figyelő 50 éve

A Korróziós Figyelő műszaki tudományos szakfolyóirat 2010-ben 50. évfolyamába lépett. A lap főleg korrózióvédelemmel foglalkozik, de van benne azért számos kapcsolódó rokon szakma is. E jubileum alkalmából végeztem egy kis történeti kutatást, beszéltem a (fő)szereplőkkel, így készült el ez a visszaemlékezés.

## A lapról

A folyóiratnak kétféle kiadása van, a hagyományos nyomdai kiadás, amely postai úton éri el az előfizetőket, valamint egy elektronikus, amelyet az 50. évfolyammal vezettünk be, és a Vekor Kft. honlapján ([www.vekor.hu](http://www.vekor.hu)) regisztráció után megtekinthető. A két kiadás között tartalmi különbség nincsen.

A folyóiratot a Vekor Kft. adja ki, felelős kiadója a cég mindenkor ügyvezető igazgatója, jelenleg *dr. Horváth Márton*. A felelős szerkesztő munkáját szerkesztőbizottság segíti, akik szakmájuk jeles képviselői. Hasznos tanácsokat adnak a szerkesztésben, a szakcikket lektorálják. Javaslatot tesznek a felelős szerkesztőnek arra vonatkozóan, hogy egy cikk megjelenhet-e vagy sem. A szerkesztőbizottság elnöke *Zanathy Valéria*.

Az újságot előfizetői és a reklámbevételek tartják fenn, valamint a kiadóval szerződést kötő támogatók, akik nagy mértékben hozzájárulnak a Korróziós Figyelő kiadásához. Nevüket feltüntetjük a lap hátoldalán.

Az újság egy számának terjedelme 32-44 oldal között változik. Méretei: tükrözött 165×245 mm, teljes 200×285 mm, folyamatos oldalszámozású. Két fő részből áll, cikkek és szemle. A cikkek általában kutatási eredmények, ezek gyakorlati megvalósulása, új szemléletek, új elméletek, újdonságok leírása, valamilyen új termék bemutatása. A szemlében írunk készülő rendezvényekről, itt található a hazai és külföldi korróziós rendezvénynaptár, rendezvények beszámolója, a hírek rovat, illetve a folyóiratok tartalmából rovat, melyben hazai és külföldi rokon folyóiratokat és a cserelapjainkat, közöttük a BKL Kohászatot szemléljük. A reklámrovatban az olvasók megismerhetik különböző cégek tevékenységét, anyagokat, technológiákat és műszereket.

A lap hagyományörző, külleme nem sokat változott az évek során, a legfontosabb küllemi elemeket meghagytuk (pl. logó, betűtípus, kéthasábos szerkezet stb.). Az újság nyomtatása 19 éve a legmodernebb technikával felszerelt veszprémi Prospektus Nyomdában történik.

## Vegyipari történelem, a VEKOR megalakulása és a kezdetek

A Korróziós Figyelő története egyben a VEKOR története is, és ehhez ismernünk kell a NEVIKI (Nehézvegyipari Kutató Intézet) megalapításának történetét.

Hazánkban a különböző iparágak fejlődése nem volt arányos és egyenletes. Leggyorsabban az építőipar fejlődött, hiszen lakásra mindenkinek szüksége volt. Az építkezés nem követelt széleskörű ismereteket, a szükséges alapanyagok a természetben kő formájában rendelkezésre álltak, vagy előállításuk (pl. téglavetés, paticsfal stb.) könnyen elsajátítható volt. Nem így a vegyipar, amely nagyobb, kiterjedtebb tudást igényelt. Magyarországon a vegyi nagyipar első terméke a hamuzsír volt, amelyet fahamu kilúgozásával, a nyert oldat bepárlásával készítettek, és már *Mária Terézia* idejében 30-40 ezer mázsát exportáltak Franciaországba, ahol már akkor igen fejlett textilipar működött. Az 1800-as években több kisebb vegyipari üzem létesült, amelyek a kohászat számára állítottak elő különböző ásványi savakat [2].

A Monarchiában hazánk ipari fejlődésére az ország félgymati helyzete, a közös vámterület erősen rányomta a bélyegét. A hazai nyersanyagok hiánya, ill. a meglévőek gyenge minősége is gátolta a fejlődést. Mindezek ellenére az ipar fejlődése a XX. század első évtizedeiben felgyorsult. Az 1900-as évek elején kialakult a hazai gyógyszeripar, amelynek során csak a fővárosban három gyógyszergyár létesült (a mai Chinoin, a Richter és az EGIS). Legfejlettebb iparágunk 1914-ben az élelmező ipar, utána a vas- és fémipar, valamint a gépgyártás volt. Ezt követték a vegyipar és a könnyűipar köréhez tartozó iparágak [1, 2].

Az I. világháborút lezáró Trianoni békediktátum megfosztotta a magyarországi vegyipart a legfontosabb ásványkincsektől (pl. kősó). Az új határok miatt országon kívül maradt számos fontos vegyipari gyár,

olyanok is, amelyek hadászati és bányászati célokra gyártottak robbanószereket. Helyettük a kint rekedt gyárak gyors hazamekítésével az 1920-as években létesült a balatonfűzfői Nitrokémia és a peremartoni Ipari Robbanóanyaggyár. Az első nitrogénműtrágya gyár 1931-ben Péten épült napi 20 t ammónia kapacitással, amely a későbbiek során 1500 t/nap teljesítményre bővült [2].

A II. világháború előtt önállóan felállított tudományos műszaki kutatóintézet Magyarországon nem működött. Pezsgő fejlődést hozott az a határozat, amely az 1950-es, 60-as években előírta a vegyipar kiemelt fejlesztését, ennek keretében létesültek a BVK, a TVK, az ÉMV és az olajfeldolgozó ipar vállalatai (DKV, Tiszai Kőolajipari Vállalat, Komáromi Kőolajipari Vállalat, Zalai Finomító stb.). Ezekkel a létesítményekkel a hazai vegyipar pótolni tudta azokat a fejlesztési hiányokat, amelyek időközben elmaradtak. Többek között a magyar műanyagipar is világszínvonalra került [2].

A Szervetlen Vegyipari Kutató Intézetet 1949-ben alapították, több rokon ipari kutatóintézet mellett. Az iparügyi miniszter főfelügyelete alatt működő ipari kutatási szervezetnek az lett a feladatuk, hogy az iparág területén összefogják, irányítsák és ellenőrizzék azokat a kutatásokat, amelyek jellege általános, vagy az iparág egészét érintik. Az intézet rövidesen felvette a Nehézvegyipari Kutató Intézet (NEVIKI) nevet, és rövid budapesti működés után Veszprémbe költözött. Veszprém számos vegyipari üzem (Pét, Peremarton, Várpalota, Fűzfő, Ajka stb.) földrajzi középpontjában helyezkedett el, így helyes döntés volt az, hogy Veszprémet nehézvegyipari tudományos központtá fejlesszék [1].

Az iparba beruházott nagy értékű létesítmények biztonságos üzemeltetésére egy sor intézkedést hoztak, így többek között azok korrózióval szembeni védelmét is meg kellett szervezni. Ezt segítette, hogy 1950-ben *dr. Bácskai Gyula* és *dr. Kovács Klára* vezetésével Veszprémbe települt a Szegedi Tudományegyetem korróziós kutatólaboratóriuma. Megalakult a NEVIKI korróziós osztálya [2].

Az osztály megalakulása óta, sokat tett a hazai korróziós problémák feltárása, okainak felderítése és számos sikeres védeke-

zési módszer kidolgozása terén. Élen járt abban a nagy felvilágosító munkában, amely szükséges volt a korrózióvédelem fontosságának tudatosításában. Rendszeresen foglalkoztak a hazai üzemekben felmerült korrózióvédelmi kérésekkel, és megszervezték a Korróziós Figyelőszolgálatot (1952), amelynek keretében begyűjtötték az országban észlelt korróziós esetek adatait. Szoros kapcsolatot létesítettek az iparral, mind a korróziótól szenvedő fémáruháttal, mind pedig a korrózió elleni védőfestékeket és bevonatokat előállító üzemekkel [1].

1961-ben a Nehézipari Minisztérium elrendelte a Vegyipari Korróziós Szervezet (VEKOR) létrehozását. Ezzel a feladattal a NEVIKI-t bízták meg. A VEKOR-t a korróziós osztályon belül főfelelősi minőségben *P. Nagy Sándor* szervezte meg. A VEKOR létrehozása nagy segítséget jelentett, mivel akkoriban még kevés korróziós szakember tevékenykedett. Ennek során minden vegy- és rokonipari vállalatnál főhatósági utasításra korróziós felelősöket neveztek ki, akik a NEVIKI-vel közvetlen kapcsolatba kerültek. Ezek száma 1963-ban már elérte a 173-at. A kapcsolattartás érdekében a korróziós főfelelős sajtóengedély hiányában körleveleket adott ki Korróziós Figyelő címmel, amelyben rendszeresen tájékoztatta a munkában részt vevőket az aktuális feladatokról, munkatervet készítéséről stb. Ezek a körlevelek tájékoztatást nyújtottak a korróziós felelősök számára tervbe vett továbbképzésekről, amelyekre azért volt szükség, mert a korróziós szakmérnök-képzés csak ezt követően indult meg. Persze ezek a körlevelek lehetőséget adtak, kisebb szakmai cikkek segítségével, a szakmai továbbképzésre is [2].

Az első számok lapjait *P. Nagy Sándor* szerkesztette karbonszalagos írógépen, és azokat a NEVIKI házi nyomdájában sokszorosították.

### Változások az évek során

A kiadvány igen nagy szolgálatot tett a hazai és a külföldi korróziós kutatások eredményeinek ismertetésével. A körlevélből szakfolyóirat lett. 1962-ben kiadót kapott a lap (NIM Műszaki Dokumentációs és Fordító Iroda). 1964-ben az addig 500-as példányszámot 800-ra, 1968-tól pedig ezerre növelték. Rendszeresen áttekintették az előző év kutatási eredményeit, cikksorozatot közöltek a korrózió elleni védelem elméleti és gyakorlati kérdéseiről. Célszámot

adtak ki a szerves vegyületek okozta korrózió eddig kevésbé ismert területéről, a légköri korrózió vizsgálatáról és folyamatairól stb. A kiadványban egyaránt referálták a külföldi szakirodalom jelentősebb közleményeit és a védekezésre használható újabb hazai gyártmányokat [1].

A Korróziós Figyelő sikerére tekintettel 1965-ben áttértek a kiadvány nyomdai előállítására. Ez tovább emelte a folyóirat színvonalát, mert lehetőség volt tónusos fényképes ábrák közlésére. Nemzetközi elismerését mutatta, hogy egyes számai a szakma nagytekintélyű folyóirata, a *Corrosion Abstracts* és a *NACE szemléje* referálta. A „baráti” országok pedig cserekiadványok fejében kérték megküldését [1].

A lap felelős szerkesztője 1963–1969 között dr. Kovács Klára volt. 1970-től a munkát tőle *Bozsó Istvánné* vette át. A 70-es években a Hungarokorr kiállításokon a KOFI szerkesztőbizottságát rendszeresen oklevéllel tüntette ki az OMFB elnöke [1]. 1973-tól szerkesztőbizottság segíti a szerkesztő munkáját, első elnöke *Kiss Béla* volt. 1987-től *Dalmay Gábor* vette át a helyét. A szerzői közleményt az adott területek szakértői lektorálták is. A szerkesztőbizottság évente kétszer ülésezett a feladatokat egyeztetve [3].

Az első jelentősebb fordulóponthoz 1983-ban érte a Figyelőt. Addig jó 15 éven keresztül a NIM finanszírozásával készült a lap. Azonban a központi műszaki fejlesztési forrásokkal való takarékoskodás a korábbi forrásokat megszüntette. Három évig a lap súlyos gondokkal küzdve, akadozva jelent meg, csak egy-egy füzet képviselt egy évfolyamot. Ebben az időszakban (1984–85) *Tóth Andrásné* volt a felelős szerkesztő. 1986-tól aztán megoldódtak a gondok. Vállalatok egész sora vállalta, hogy kölcsönös előnyök alapján hirdetésekkel segíti a munkát. Ezeket a támogató vállalatokat és intézményeket ettől fogva rendszeresen feltüntették a lap első vagy hátsó borítóján.

### A Vektor Kft. alapítása

A rendszerváltozás előszeleként a NEVIKI-t, és így a korróziós osztályt is 1988-cal kezdődően felszámolták. Az osztály munkatársai feltételezték, hogy a korróziós tevékenységre a megváltozott gazdasági körülmények között is szükség lehet. Ezért a munkatársak a NEVIKI szellemi örököseként létrehozott Vektor Kft. keretében folytatták a munkát. 1991-ben a lap színvona-

las nyomdai munkáját a veszprémi Prospektus Nyomda vállalta, ettől az évtől vették be az előfizetői díjat is. 1992-től pedig már a Vektor Kft. volt a lap kiadója is. *Bozsó Istvánné* szerkesztő áldozatos munkával tartotta életben a lapot. Az anyagi alapot az előfizetők, támogatók, hirdetőik, és nem utolsósorban a VEKOR Kft. biztosította. Sokszor előfordult, hogy a munkatársak által nehéz munkával megkeresett pénz egy részét a folyóiratra költötték. Sok segítséget kaptunk szerzőinktől is, akik a lap fenntartása érdekében lemondtak a honoráriumukról. 2004-ben ezen sorok szerzője vette át a szerkesztői feladatokat. Ilyen körülmények között érte meg a lap az ötvenedik évfolyamát. [6]

### 6. Statisztikák, érdekességek

A lap 50 évfolyamában 290 szám jelent meg, terjedelmük 9475 oldal. 2030 cikk, beszámoló, hír volt 1343 szerző tollából. A KOFI adatbázis ([www.vekor.hu/form.php](http://www.vekor.hu/form.php)) tárgymutatójában 2676 kulcsszó van [4–5].

1970-től az egyes cikkek végére angol nyelvű összefoglaló került. 1977-től ez kiegészült orosz nyelvű összefoglalóval, és az újság végén, majd 1987-től az újság elején egyszerre közöltek. 1991-től újra csak angol nyelvű összefoglaló volt.

2000-ig csak magyar nyelven jelentek meg cikkek a Korróziós Figyelőben, majd 2000-től kezdődően az eredeti nyelven leadott kéziratokat két nyelven közölték (a bal oldali hasábon angolul vagy németül, a jobb oldalin pedig magyarul). Eddig összesen 8 cikk jelent meg így.

*Mátravölgyi Norbert*

### Irodalom

- [1] *Móra László*: A Nehézvegyipari Kutató Intézet harmincéves története. Veszprém, 1982.
- [2] *P. Nagy Sándor*: Elérkezett az 50. évfolyam. Korróziós Figyelő 2010. 50. (1) 4–5.
- [3] *Bozsó Istvánné*: Elérkezett az 50. évfolyam. Korróziós Figyelő 2010. 50. (1) 4.
- [4] Korróziós Figyelő adatbázis, [www.vekor.hu](http://www.vekor.hu), 2010. április 19.
- [5] *Bozsó Istvánné*: Néhány adat a Korróziós Figyelő történetéből. Korróziós Figyelő 2003. 43. (6) 203.
- [6] *dr. Horváth Márton* visszaemlékezései, szóbeli közlés

**A BKL Kohászat szerkesztősége gratulál lapjaink jubileumához!**

## 17. nemzetközi metallurgiai diáknapiak Aachenben

2010. szeptember 16-18-a között immáron 17. alkalommal rendezték meg az International Studententag der Metallurgie (ISDM) nevű metallurgiai szakmai konferenciát és állásbörzét. Ez évben a forgószínpadszerű helykiválasztásnak megfelelően az RWTH Aachen műszaki egyetemen került sor a rendezvényre. A Miskolci Egyetemet nyolcan képviselték, *dr. Grega Oszkár és felesége, Harcsik Béla III. éves, Rimaszéki Gergő II. éves* doktorandusz hallgatók a Metallurgiai és Öntészeti Tanszékről, valamint *Nagy Renáta Kitti (GTK), Rimaszéki Korinna (MFK), Szatmári László és Kulcsár Tibor (MAK)*. A rendezvényre repülővel utaztunk, a szállásunk egy modern ifjúsági szállón volt.

A konferencia első estjén egy díszes fogadáson vehettünk részt, ahol a hallgatók, a vállalati szakemberek és az oktatók számára kötetlen beszélgetésre nyílt lehetőség.

A konferencia második napján került sor a szekciókba osztott szakmai előadások megtartására. A jórészt kelet-európai és német résztvevők többsége vas-, acél- és fémtechnológiai, valamint öntészeti témában tartott előadást. A miskolci hallgatók közül Rimaszéki Gergő az elektrolit-oszraffináláshoz használt sósavas elektrolitoldatok stabilitásának vizsgálatáról tartott angol nyelvű beszámolót, míg Harcsik Béla acélmetallurgiai témájú előadásában a kalcium-szulfidnak az acél öntésére gyakorolt hatásáról beszélt.

A hallgatók előadásai mellett a különböző fémipari vállalatok képviselőiben megjelent ipari szakemberek és vezetők is tartottak beszámolókat a náluk folyó fejlesztésekről, beruházásokról, illetve a fiatalok előtt álló karrierlehetőségekről. Ennek keretén belül meghallgattuk a Thyssen Krupp Steel Europa AG, az SMS Siemag, a Voestalpine AG és az Aurubis AG képviselőinek az acél- illetve rézipart érintő aktualitásokról szóló angol és német nyelvű előadásait. A Thyssen Krupp Steel Europa AG képviselőiben jelen volt *dr. Grega Oszkár* tanár úr korábbi doktorandusza, *dr. Taszner Zoltán*, aki a vállalat főmetallurgusi posztját tölti be. A vele folytatott kötetlen beszélgetés hasznos információkkal és lehetőségekkel szolgált számunkra. Az



■ 1. kép. Ajándék korsók és daloskönyvek átadása a szervezőknek

előadások mellett a német és osztrák fémipar vezető metallurgiai vállalatai tartottak állásbörzét a délelőtti folyamán. A résztvevők itt a személyes kapcsolatteremtés mellett információs anyagokat is gyűjthettek a vállalatokról, ill. az általuk kínált karrierlehetőségekről.

A délután folyamán üzemlátogatásokra nyílt lehetőség, mi az Aurubis Stolberg AG közelben lévő üzemébe látogattunk el, ahol rövid cégismertető után megtekintettük a gyárat. A vállalatnak két telephelye van egymás közelében, az egyik üzemben rézhulladék-olvasztással, bugaöntéssel és meleghengerléssel foglalkoznak, a másik üzemben hideghengerlés és további feldolgozás, többek között dróthúzás történik. A gyárlátogatás után a konferencia záróvacsorája következett, ahol a meghívottak kö-

szönetet mondtak a részvételi lehetőségért a szervezőknek, és ki-ki a maga egyetemére, ill. országára jellemző ajándékkal lepte meg az aacheni kollégákat. Küldöttségünk tagjai selmeci korsókkal és daloskönyvekkel kedveskedtek *Conrad Zilkens* főszervező metallurgus hallgatónak (1. kép).

A konferencia zárónapján még további előadásokon vettünk részt, majd egy kiadós ebéd után indultunk Düsseldorfba a repülőtérre. A konferencián mindannyian nagyon jól éreztük magunkat. A személyes és egyetemi szintű kapcsolatépítés mellett jó alkalom volt a német és angol nyelv tárgyalási és szakmai szintű gyakorlására is. Reméljük, a következő Studententagra is sikerül eljutnunk.

**Rimaszéki Gergő**

### Helyreigazítás

A BKL 2010/4. számában a 21. oldalon köszönetünk kifejezésével soroltuk fel pártoló jogi tagjainkat. Sajnos a listában több hibát is vétettünk:

– az ABM Kuprál Kft. – igazgatója *Bozó Károly* – nem a Bányászati, hanem az Öntészeti Szakosztály támogatója;  
– a Guardian Üvegipari Kft. – igazgatója *Sápi Lajos* – nem a Bányászati, hanem a Fémkohászati Szakosztály támogatója;

– a Schlumberger Logelco Inc. – fióktelep-vezetője *Timothy McCammon* – nem a Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati, hanem a Bányászati Szakosztály támogatója;  
– a Rotary Mátra Kft. – igazgatója *Szalai László* – a felsorolásból kimaradt – a Bányászati Szakosztály támogatója.

Ezúton kérem nagyra becsült Támogatóink és valamennyi Olvasónk szíves elnézését!

**Podányi Tibor**  
felelős szerkesztő



## 90. születésnapját ünnepelte

**Mándoki Andor** vasokleveles kohómérnök, külkereskedelmi közgazdász 1920. február 2-án született. 1942-ben két professzorának ajánlásával került a Rimamurány-Salgótarjáni Vasmű Rt. szolgálatába a Salgótarjáni Acélgyárba. 1943–45-ben katonai szolgálatot töltött a légierőnél.



1949-ben egy országos üzemszervezési pályázaton első díjat nyer. Az Üzemszervezési Tudományos Egyesület alelnöke lesz, s 1950-ben kinevezik a Salgótarjáni Acélárugyár vezérigazgató-helyettesévé. Disszidálási kísérlet miatt 1952–55 között bányamunkás. 1956-ban a gyár munkástanácsa igazgatóvá választja. Az 1958–60-as években a hideghengermű korszerűsítésének tervezését és beruházását irányítja.

1964-től a Kohó- és Gépipari Minisztérium Vaskohászati Igazgatóságán dolgozik a kutatás-fejlesztési osztály vezetőjeként, majd főosztályvezetőként. A KGST Vaskohászati Másodtermék Albizottság elnöke, a magyar delegáció vezetője. A hazai vaskohászatban az új, nyugati eljárások és berendezések telepítésének, és a másodtermékgyártás fejlesztésének szorgalmazója. 1981-ben a Magyar Vas- és Acélpipari Egyesülés műszaki igazgatójaként megy nyugdíjba.

1983-tól nyolc éven át a Vasipari Kutató Intézet Ferinov Külkereskedelmi Irodáját vezeti. 1989-től a Kereszténydemokrata Néppárt gazdasági szakértője, az Ipari, Kereskedelmi Bizottság elnöke. 1993–95 között a Dunai Erőmű Rt., 1993–98 között a Magnezitipari Rt. felügyelőbizottságának tagja. 1993–2003 között a Hazai Termék – Hazai Munkahely Alapítvány ügyvezető igazgatója volt, jelenleg a kuratórium tagja amellelt, hogy 2010-ben kinevezték a HM Zrínyi Kommunikációs Kft. felügyelőbizottságának elnökévé. 2010-ben a KDNP Kovács K. Zoltán-émlékérmével tüntették ki.

Számos szakmai tanulmány írója, kutatási és fejlesztési terv, program szerkesztője, makrogazdasági elemzések szerzője és előadója. A vaskohászat fejlesztéséről

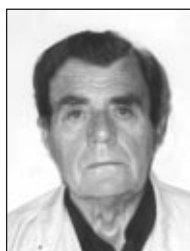
írt doktori értekezését a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem summa cum laude minősítéssel fogadta el. A Kapu c. folyóirat gazdasági rovatvezetője, a Magyar nemzetstratégia 1., 2. kötetek egyik szerzője, 2009-ben a KDNP Szegénység felszámolása c. gazdasági programjának szerkesztője, írója.

Több szabadalom feltalálója. Egyik találmányával 1970-ben Brüsszelben a Feltalálók Kiállításán ezüstérmét nyert. Ezt a találmányt Svédországban értékesíti, ennek során kisebb megszakításokkal több mint egy évet tölt ott, a szociális piacgazdaságot is tanulmányozva. Az 1983-ban alapított Patentkó, Találmányok Hasznosítását Tervező Kft. tulajdonosa.

Egyesületünknek 1949 óta tagja. 1981-ben Wahlner Aladár-, 1989-ben és 1999-ben Soltz Vilmos-émlékérmeket kapott.

## 80. születésnapját ünnepelte

**Csire István** felsőfokú szaktechnikus 1930. május 30-án született Csepelen. A nyolc elemi elvégzése után 1944. július 17-én kifizetőnek vették fel a csepeli Weiss Manfréd Acél- és Fémművek Rt.-be. 1945–47 között ugyanitt lakatosinasként dolgozott, december 5-én kitűnő eredménnyel szakvizsgázott, amiért a csepeli Ipartestület elnöke oklevéllel tüntette ki.



Technikumi tanulmányait 1949-ben is Csepelen kezdte esti tagozaton. 1951-ben sorkatonai szolgálatra vonult be, de tanulmányait parancsnoki engedéllyel folytathatja. Technikusi oklevelét Székesfehérváron veszi át 1953-ban. 1954-ben, leszerelése után, ismét a Csepel Fémművek dolgozója. 1955. január 5-től a Csepel Vas- és Acélöntődében dolgozott 1990. június 30-i nyugdíjazásáig. 1955–62 között gyártásprogramozó, 1963-tól üzemvezető-helyettes, 1967-től gyártáselőkészítő csoportvezető, 1968-tól gyáregység műszaki vezető, 1969-től üzemvezető, 1977-től nyugdíjazásáig termelési osztályvezető.

1960–62 között felsőfokú szaktechni-

kusi képzésben vett részt a Bánki Donát Gépipari Technikumban, s elvégezte a KGM keretében szervezett Üzem- és munkaszervezés c. kétéves szakosítót.

Egyesületünknek 1962-től tagja. A helyi szervezetben 1965-től húsz éven keresztül előbb titkárként, majd elnökként vezeti a munkát, amelynek eredményeként számos szakosztályi nagyrendezvény szervezését segítik a csepeli öntők. Nyugdíjazása után a budapesti helyi szervezet megalakításában vállalt szerepet, amelynek 1993–2004-ig elnöke is.

Öntőnap előadásait rendre megjelentette szaklapunkban. Egyik – társszerzővel írt – dolgozatát nívódíjjal tüntették ki. A helyi szervezet munkájáról, a gyár eredményeiről példamutató szorgalommal számolt be a BKL Öntődében. Az egyesületben kifejtett munkáját z. Zorkóczy Samu-, Soltz Vilmos- és Debreczeni Márton-émlékérmekkel és az OMBKE Öntészeti Szakosztályért kitüntetéssel ismerték el.

**Farkas Lajos** okl. kohómérnök, munkavédelmi szakmérnök 2010. augusztus 17-én töltötte be 80. életévét. Békéscsabán született és a helyi Evangélikus Gimnáziumban érettségizett. Egyetemi tanulmányait Sopronban végezte az utolsó soproni kohász évfolyam tagjaként. Aranyoklevelét 2002-ben kapta meg.

Diplomája megszerzése után, 1952-ben a Tatabányai Alumíniumkohóba helyezték, ahol kezdetben művezető, majd műszaki-fejlesztési osztályvezető volt. A munkástanácsban vállalt tisztsége miatt szabadságában korlátozták.

1958 végén a Vaskohászati Kemence-építő Vállalat (a Kohászati Gyárépítő Vállalat, KGYV elődje)



dunaújvárosi főépítésvezetőségén tudott elhelyezkedni fizikai munkásként. 1964-től kerülhetett műszaki állományba, először művezető, majd építésvezető, 1970-től a KGYV Dunaújvárosi Főépítésvezetőség vezetője. A Dunai Vasműben megvalósított nagyberuházásoknál (FAM, konverteres acélmű, kohóátépítések) a KGYV helyszíni megbízottja volt.

1980-ban a KGYV központjába került, a termelési főmérnök helyettese, majd kohászati főmérnök lett. Ezen beosztásaiban hatáskörébe tartoztak a hazai vasművekben a KGYV által végzett munkák. 1990-ben ment nyugdíjba.

Szakmai érdeklődése a kemenceépítésekre és a korszerű tűzállóanyagok használatára terjedt ki. Egyik úttörője volt a korszerű tűzállóanyagok magyarországi bevezetésének. A kohászati technikum, majd a felsőfokú technikum számára készült Kohászati kemencék c. tankönyv társszerzője volt, és részt vett a tárgy gyakorlati oktatásában. Az egyetemen számos diplomamunka bírálója volt. A korszerű kemenceépítések témakörben több előadást tartott itthon és külföldön.

Egyesületünknek kisebb megszakítással 1950 óta tagja. A KGYV helyi szervezetének megalakulása után megalakította annak dunaújvárosi szakcsoportját. Budapesten a KGYV helyi szervezet titkára volt nyugdíjazásáig. A Vaskohászati Szakosztály vezetőségének két cikluson keresztül volt tagja, majd az ellenőrző bizottságban tevékenykedett. Egyesületi munkájáért z. Zorkóczy Samu-émlékérmet kapott.

Számos vállalati kitüntetés mellett Kiváló Kohász kitüntetést kapott, és birtokosa a köztársasági elnök által adományozott 1956-os Emlékéremnek.

**Dr. Fuchs Erik György** 1930. június 12-én született Győrött. Kohómérnöki oklevelét 1952-ben Sopronban kapta, 1963-ban a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen egyetemi doktorátust szerez. 1972-ben a műszaki tudomány kandidátusa, majd 1974-ben doktora lett. A Miskolci Egyetemen 1985-ben c. egyetemi tanári címet kapott, 2004-ben tiszteletbeli doktorrá avatták.



1952-től 1987-ig az egykori Vasipari Kutató Intézet, illetve jogutódjának főfoglalkozású aspiránsa, tudományos munkatársa, osztályvezetője, végül kutatásszervezési főmérnöke. A VASKUT elletlenülésével – 1987-től az 1990. évi nyugdíjazásáig – a Miskolci Egyetem Műszerközpontjának ügyvezető igazgatója. Nyugdíjasként még szervezője, 1990–1993 között ügyvezetője a Soproni

Egyetem Innovációs Irodájának, ill. a nemzetközi együttműködésben tervezett Soproni Technológiai Centrumnak.

A felsőoktatásban egyetemi hallgató kora óta tevékenykedett: 1949-től a soproni egyetemi kar Fizikai Tanszékének demonstrátora. Oktatott a Budapesti Műszaki Egyetemen, a Mérnöki Továbbképző Intézet keretei között, főként azonban a mai Miskolci Egyetem (ME) Fémteni Tanszékén. 1972-ben egy szemeszteren át vendégtanára volt a Freibergi Bányászati Akadémiának. 1972/73-ban a Collegium Hungaricum ösztöndíjasaként a Bécsi Műszaki Egyetem Alkalmazott Fizikai Tanszékének vendégkutatója.

1970-től évtizedeken át tagja, tisztségviselője volt a Magyar Tudományos Akadémia különböző bizottságainak (Fémszerkezetek Bizottság, Anyagtudományi és Technológiai Bizottság, Szilárdtestkutatói Komplex Bizottság, Interkosmosz Tanács Kozmikus Fizikai Szakbizottság stb.). Részt vett a Tudományos Minősítő Bizottság (TMB) munkájában, egy cikluson át tagja volt a TMB Fizikai és Csillagászati Szakbizottságának. 1980-tól tagja és koordinátora volt a Nemzetközi Űrkutató Bizottság (COSPAR) Magyar Nemzeti Bizottságának. Részt vett az OMBKE és az MTE SZ különböző bizottságainak munkájában. Alapító tagja, tisztségviselője volt a Magyar Innovációs Kamarának.

Ma is tagja a Gépipari Tudományos Egyesületnek (GTE), az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak (ELFT). Alapító tagja a Magyar Asztronautikai Társaságnak (MANT).

Az OMBKE-nek 1950 óta tagja. Néhány évig részt vett a BKL Kohászat szerkesztésében. Alapító tagja, sok évig elnöke volt az egykori Anyagvizsgáló Szakcsoportnak. Az annak idején nemzetközi jelentőségű, két-, ill. háromévente rendezett Kohászati Anyagvizsgáló Napok egyik létrehozója és 1985-ig az egyik főszerzője.

Kezdetől fogva meghatározó szerepe volt az egykori VASKUT fémteni-anyagszerkezetek kutatólaboratóriumainak megszervezésében, a kísérleti fizika lehetőségeinek előtérbe helyezésében, az anyagtudományi alapokon nyugvó új kutatási-fejlesztési szemlélet ágazati elfogadtatásában. Napjainkig kiható, iskolateremtő eredményességgel vont be a munkájába kiváló képességű pályakezdőket. Következtesen szorgalmazta az országban meglevő szellemi kapacitások, különösen a műszaki kutatóhelyek és a természettudomá-

nyos műhelyek interdiszciplináris együttműködését. Fontos szerepe volt több, fokozatosan lehetővé váló nemzetközi együttműködés kialakításában. Kutatási területe: anyagtudomány, anyagtechnológia, űr-anyagtechnika, kutatásszervezés, ipari innovációs menedzsment.

Főbb, túlnyomórészt munkatársakkal közösen elért tudományos eredményei: új vizsgáló módszerek és eszközök, pl. roncsolás nélküli metallográfiai vizsgálatok, röntgendiffrakciós eljárások kidolgozása (1954–1962); fémteni folyamatok, pl. kristályosodás, homogenizálás, átalakulás matematikai szimulációja (1954–1985); ipari gyártási folyamatok, pl. ausztenites mangánacélok, temperöntvények előállítása, irányításához új minősítő módszerek, ill. folyamatkövető célprocesszoros megoldás kifejlesztése (1960–1974); számítógéppel segített technológiai tervezéshez ipari acélismereti adatbázis létrehozása és fejlesztése; az 1980. évi szovjet-magyar közös űrrepülés BEALUCA űr-anyagtechnológiai programjának kezdeményezése és kezdeti irányítása (1979–1986).

Rendszeresen tartott előadásokat hazai és nemzetközi szakmai rendezvényeken. Öt egyetemi jegyzete és több mint 100 tudományos publikációja jelent meg, nagyrészt külföldi folyóiratokban. Feltalálótársa számos, köztük két űr-anyagtechnológiai vonatkozású szabadalomnak.

Kitüntetései: A Kohászat Kiváló Dolgozója (1972), Akadémiai Díj (1974), Soltz Vilmos-émlékérem (OMBKE, 1979, 1990, 2000, ill. 2010), Munka Érdemrend ezüst fokozat (1980), Kiváló Feltaláló arany fokozat (1983), Fonó Albert-díj (MANT, 2010).

**Dr. Sziklavári Károly** 1930. július 25-én született Lajosmizsén. Középiskolai tanulmányait Budapesten és Sopronban végezte. 1950-ben érettségizett és felvételizett az NME Kohómérnöki Karára, ahol 1954-ben kitüntetéses vaskohómérnöki oklevelet szerzett.

1954 júliusától a diósgyőri Lenin Kohászati Művek Acélművében kemencesori acélgyártó, majd a technológiai osztályon gyártás- és öntéstechnológiával, selejtelemzéssel foglalkozott. Hároméves acélműi munkálkodás után a Vasöntödé-



ben a metallurgiai részleg vezetésével bízzák meg, ahol elsősorban a különleges, nagyszilárdságú szürkevasöntvények, továbbá kéreg-, kompaund-, kalander- és szürkevashenger-anyagok gyártástechnológiájával foglalkozott.

**Dr. Horváth Zoltán** professzor meghívására az 1959/60-as tanévben áthelyezését kérte az NME Fémkohászattani Tanszékére, ahol adjunktusi, majd docensi beosztásban oktatott. Célrányos rendszerprogramok elkészítésével jelentős mértékben hozzájárult a számítástechnika alkalmazásához az oktatásban és kutatásban. Aktívan részt vett a tanszék igen széles skálájú kutatómunkájában. Doktori disszertációját 1970-ben védte meg. 1991-től 1996-ig nyugdíjas óraadóként oktatott.

1959–87-ig a Fémkohászattani Tanszék tanszékvezető-helyettese, a Kohómérnöki Kar Tanácsnak (háromévi megszakítással) 1966–1984-ig, a Dékáni Tanácsnak (ugyancsak háromévi megszakítással) 1970–1984-ig tagja, 1978–84 között a Kar dékánhelyettese.

Tevékenységét a Munka Érdemrend bronz fokozatával, továbbá három miniszteri kitüntetéssel és két egyetemi oklevéllel ismerték el.

Két egyetemi tankönyv, nyolc egyetemi jegyzet, nyolc oktatási segédlet, 31 szakcikk, 16 szakmai előadás és 45 kutatási jelentés szerzője, részben társszerzővel. Továbbá két tanulmány, hat opponensi vélemény és három lektorálás fűződik a nevéhez.

## 75. születésnapját ünnepelte

**Dr. Csák József** 1935. augusztus 14-én Egerben született, ott is érettségizett. Kohómérnöki diplomáját 1958-ban a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen kapta.

Az egyetem elvégzése után a Székesfehérvári Könnyűfém-műbe került, ahol 1974-ig különböző beosztásokban – öntödei üzem-mérnök, üzemvezető-helyettes, termelési osztály-vezető, főosztályvezető-helyettes, kutató – dolgozott.

Kandidátusi disszertációját 1968-ban védte meg „A félfolyamatosan öntött tus-



kók és a belőlük gyártott féltermékek szerkezetváltoztatási lehetőségeinek vizsgálata AlMg3 ötvözetnél” témában. Ennek alapján, ill. továbbfejlesztéseként egyetemi doktori és 1999-ben PhD fokozatot kapott a Miskolci Egyetemen.

A kutatási munkába kissé belefáradva engedett a gyorsabban látható eredményt adó, realisabbnak tűnő tervezői terület csábításának, és 1975 februárjától az Alumíniumipari Tervező Vállalathoz (ALUTERV) ment, ahol a Magyar Alumíniumipari Tröszt félgyártmánygyártó üzei, elsősorban a KÖFÉM és a KÖBAL beruházásainak tervezési feladataival foglalkozó részleg kialakításával bízták meg. A részleg kiépült, és 1977-ben már az időközben összevont ALUTERV-FKI Félgyártmány Tervezési Irodájaként dolgozott 100 fő körüli létszámmal. 1980–84 között az ALUTERV-FKI műszaki igazgatóhelyetteseként tevékenykedett, a tervezői, a fővállalkozási és a külkereskedelmi terület irányítása tartozott hozzá.

A magyar alumíniumipar extenzív fejlesztése 1983–85-ben befejeződött. Fejlesztés nem lévén, a tervezői-fővállalkozási tevékenységre egyre kevesebb szükség volt. Éveken keresztül voltak próbálkozások exportálni a megszerzett ismereteket a fejlődő országokba, de nem sok sikerrel. Különösen nem ment ez a félgyártmánygyártásnál, ahol nem volt hazai gépgyártó bázis. Az intézet létszáma az 1983. évi 1250 főről 1992-ig 120 főre csökkent. A zsugorodással együtt lett ismét irodavezető, főosztályvezető, majd tanácsadó 1993. évi nyugdíjazásáig. A miskolci alma materrel mindig szoros kapcsolatban állt, az egyetem befejezése óta mintegy 50 diplomatervnél, doktori és kandidátusi disszertációnál volt opponens. Tevékenységét az egyetem 1988-ban címzetes egyetemi docens címmel honorálta. Szakmai előadásainak, publikációinak száma mintegy ötven.

Az OMBKE-be 1955-ben lépett be, a Fémkohászati Szakosztály vezetőségének hosszú évek óta tagja.

1961-től kezdve a világ számos országában, ill. üzemében járt, hosszabb-rövidebb időt eltöltve ott kereskedelmi tárgyalás, tanulmányút, konferencia vagy munkavégzés céljából.

**Tarján Béla** okleveles kohómérnök 1935-ben született Tóvároson. Sopronban érettségizett, 1958-ban szerezte meg a kohó-

mérnöki oklevelet Miskolcon.

Az első munkahelye a Láng Gépgyár vasöntödéje volt, ahol turbinaházak és forgattyúházak technológiai feladatai mellett először végeztek eredményes kísérleteket forrószeles kupolával és gömbgrafitos öntvények előállításával. 1962-től a Csepeli Fém-műben a Pannónia motorkerékpárok dugattyúötvözetének szemcsefinomításán, a motorblokk-öntvények kihozatalának javításán dolgozott, a diplomatervében kikísérletezett eljárást ipari méretekben megvalósítva.

1967-től a Vasipari Kutató Intézetben a fémolvadékok gáztartalmának meghatározási módszereivel, a gáztartalom csökkentésének lehetőségeivel, tisztító- és fedősók előállításával, a nyomásos öntőszerszámok élettartamának növelésével foglalkozott. Mind a négy téma kidolgozott módszerei az üzemi gyakorlatban is megállták a helyüket, és fokozatosan elterjedtek.

1972-től ismét Csepelen, majd az Öntödei Vállalatnál a finomkohászati fejlesztés keretében beruházási programok készítésével, berendezések beszerzésével és telepítésével foglalkozott. A Vasipari Kutató Intézetből tudományos tanácsadóként vonult nyugdíjba. Egy ideig még szakértőként működött, de romló egészsége ennek gátat vetett.

Egész pályafutása során fontosnak tartotta az elmélet és a gyakorlat szoros kapcsolatát, tevékenységét mindig e cél vezérelte. Ezért, és a jó kollegiális kapcsolatok miatt tartotta nagyon fontosnak az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületet, melynek 1955 óta aktív tagja. Jelenleg két felnőtt gyermeke büszke apja és hét kis unokája boldog nagyapja.

**Vincze Sándor** okleveles kohómérnök 1935. július 28-án született Kispesten. Középiskolai tanulmányát a pestszentlőrinci Steinmetz Miklós (ma Hunyadi János) gimnáziumban végezte. 1953-ban érettségizett. 1962-ben a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen szerzett vas- és fémkohómérnök diplomát.





Műszaki pályafutását 1960-ban a Csepel Művek Vas- és Acélöntődéjében kezdte gyakorló mérnökként. Később a technológiai osztályon acélöntődei technikusként dolgozott. A továbbiakban művezető, főművezető, üzemmérnök, majd üzemvezető-helyettesi beosztásban végezte műszaki tevékenységét.

1965 augusztusában megpályázta a csepeli Kossuth Lajos Gép- és Kohóipari Technikumban meghirdetett mérnök-tanári állást. 1965 augusztusától 1995-ig itt dolgozott, mint az öntő és kohásztárgozat vezetője. 1968-tól vezető tanárként tevékenykedett. 1977-ben a Budapesti Műszaki Egyetem mérnök-tanári szakán kohómérnök-tanárrá nyilvánították.

Munkáját mindvégig a szakma és a gyerekek szeretete vezérelte. Több szakmai könyvet, jegyzetet lektorált, mind szakmai, mind pedagógiai szempontból. Eredményes, jó munkájáért 1978-ban a Minisztertanács Kiváló Munkáért kitüntetett jelvényt és oklevelet adományozott számára.

Óraadóként dolgozott a Bánki Donát Műszaki Főiskolán és a Budapesti Műszaki Egyetemen. A műszaki-tanár képzésben vett részt. Az öntő szakma és öntő-technikus képzés megújításában, új tantervek készítésében, tanulmányi versenyek előkészítésében is tevékenykedett.

1995-ben kérte nyugdíjazását, de még két évig dolgozott, míg az utolsó nappali tagozatos öntő-technikus osztály befejezte tanulmányait. Nyugdíjazása után a csepeli ADU keretein belül óraadóként dolgozott kohó- és öntőipari szakmászító tanfolyamokon. Munkássága utolsó szakaszában a Kereskedelmi Ipari Kamara vizsgabizottságának tagja volt.

2002-től gyógyíthatatlan betegsége miatt családjá körében visszavonultan él.

## 70. születésnapját ünnepelte

**Solt László** okl. kohómérnök 1940. szeptember 10-én Sátoraljaújhelyen született Általános és középiskoláit Szombathelyen végezte, majd 1964-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen vas- és fémkohómérnöki, 1969-ben gazdasági mérnöki oklevelet szerzett.



Szakmai gyakorlat után több mint 20 évig dolgozott a Kohászati Alapanyagelőkészítő Közös Vállalatnál technológus, fejlesztési és beruházási főmérnök, ill. műszaki igazgató beosztásokban, majd 1986-tól az Ipari Minisztérium főmunkatársa lett. Az átalakult Gazdasági és Közlekedési Minisztériumban vezető főtanácsosként dolgozott 2003-ban bekövetkezett nyugdíjazásáig. Utána még évekig megbízással végezte munkáját ugyanitt, mint nyugdíjas munkatárs.

Szakmai tevékenysége során a vasérc- és hulladék-előkészítés műszaki és gazdasági kérdéseivel foglalkozott, részt vett számos üzem tervezésében és létesítésében, ill. érc- és vashulladék-feldolgozó üzemek működését irányította. A minisztériumban iparpolitikai és vaskohászati energiafelhasználási kérdések elemzésével, fejlesztési javaslatok kidolgozásával foglalkozott. Ezekben az években számos esetben műszaki szakértőként alkalmazták az OMFB, az MTA Metallurgiai Bizottsága és kohászati, ill. gépipari vállalatok megbízásából. 1986-87-ben a Veszprémi Vegyipari Egyetemen meghívott előadóként az „Ipari hulladékok hasznosítása” c. tárgyat oktatta.

Az OMBKE-nek 1964 óta tagja. Több esetben töltött be tisztséget, 1985-től a Vaskohászati Szakosztály Energetikai Szakcsoportjának elnöke, az 1990-es évek első felében egy cikluson át a Vaskohászati Szakosztály alelnöke, az utóbbi húsz évben három cikluson keresztül a választmány tagja. Egyesületi munkáját és 40 éves tagságát 1990-ben és 2004-ben Soltz Vilmos-émlékéremmel ismerték el.

Számos vállalati kitüntetésen kívül megkapta a vaskohászati vállalatok A Vaskohászatért kitüntetését, szakmai tevékenységét a gazdasági és közlekedési miniszter Eötvös Loránd-díjjal ismerte el.

**Vajai László** okl. kohómérnök 1940. szeptember 28-án született Vörösberényben. Általános iskolai tanulmányait Balatonalmádiban végezte, majd Dunaújvárosban, a Kerpely Antal Kohóipari Technikumban szerzett 1958-ban kohásztechnikai oklevelet. Vas- és fémkohómérnöki diplomáját 1964-ben Miskolcon, a Nehézipari Műszaki Egyetemen kapta meg.

1964-ben az Inotai Alumíniumkohóban kezdett dolgozni, s a különböző beosztásokban végzett munka után 2000-ben innen is ment nyugdíjba.

Első sikere 1967-ben az első hazai durvahuzal-öntvehengerlő (Properzi-berendezés) üzembe helyezése volt, ahol technológusként a beruházás műszaki ellenőri feladatait is végezte. 1970-ben megbízták az Öntőde üzem vezetésével. Az öntőde átállítása ezekben az években zajlott a „hagyományos” tömb- és tuskóöntésről a szalag- és durvahuzal-öntvehengerlésre.

A képzett öntőszakmunkások hiányát érzékelve KÖFÉM-es kollégájával, Stein Mihállyal Alumínium olvasztár és tuskóöntő szakmai ismeretek címmel tankönyvet írt a szakemberképzés elősegítésére.



16 évnyi öntődevezetés után megbízták a Félgyártmány Termelési Osztály vezetésével, ezután 1988-ban először MEO-vezető, majd minőségbiztosítási vezető lett. A cég neve a privatizáció után „MAL RT. Alumínium Üzletág”-ra változott, jelenleg „INOTAL Kft.” néven működik.

Az általa vezetett minőségügyi szervetnél végezték el a bejövő alap- és segédanyagok ellenőrzését, valamint az elkészült inotai termékek minőségének ellenőrzését. Ezt a bizonylatolást manapság már számítógépes mérésadatgyűjtő és minősítő rendszer végzi, melynek alapjait ők rakták le.

A cég MSZT-megbízottjaként aktívan részt vett a szabványosítási munkában, ehhez először a DIN-, majd az EN-szabványok alapos megismerése volt szükséges. A vállalat ISO-tanúsíttatása 1994-ben történt, indoka a termékek jelentős részének nyugati exportja volt.

A Miskolci Egyetemen több éven át tartott előadásokat ötéves anyagmérnök-hallgatóknak „Terméktanúsítás Inotán” címmel.

Az OMBKE-nak 1964 óta tagja, a '70-es években az inotai helyi szervezet titkára volt. 40 éves tagság után Soltz Vilmos-émlékérmeket kapott.

Három alkalommal vállalati Kiváló Dolgozó kitüntetésben részesült, egyszer a „Nehézipar Kiváló Dolgozója” címet is elnyerte.

Az utóbbi időben az „50 éves az inotai alumíniumkohászat” c. jubileumi kiadvány lektorálásával és a könyv nyomdai előkészítésével foglalkozott.

## RANKASZ DEZSŐ (1965–2010)



Szomorú a valóság, hogy 2010. június 16-án, 45 éves korában elhunyt Rankasz Dezső, alias Lecsó, a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen 1989-ben végzett kohász évfolyam valétaelnöke. Nemrég még terveiről beszélt, arról, hogy milyen új lehetőségeket lát a maga számára szakmájában, milyen új erőpróbáknak szeretne megfelelni. Szívet szorító most nekrológot írni Róla, a mindig vidám, lendületet, magabiztosságot sugárzó, másokat évtizedek óta inspiráló barátról, kollégáról.

Rankasz Dezső 1983-ban érettségizett a dunaújvárosi Bánki Donát Gépészeti és Kohászati Szakközépiskolában, kohász szakon. Egyetemi felvételét követően rögtön elvitték katonának, ezt követően kezdte meg tanulmányait. 1989-ben végzett, mint vaskohász. Egyetemi éve alatt Hollandiában is tanult. A végzős kohász évfolyam egyhangúlag választotta meg valétaelnökké.

Végzése után az Outokumpu Copper munkatársaként szerzett szakmai tapasztalatokat Svédországban. Hazajöve 1991-től 1993 végéig a GE Tungstam HR vezetőképző programjának egyik első résztvevője lett, majd HR generalista a GE-nél. 1994 januárja és 2005 decembere között különböző pozíciókat töltött be az ALCOA magyarországi szervezetében, 1996-tól 2000-ig a Prémű gyáregységet irányította, de munkáját elsősorban HR területen végezte. Részt vett a KÖFÉM Alcoa-privatizáció utáni átalakításában, új gyáregységek Magyarországra telepítésében és azok egy vállallattá történő összevonásában. HR igazgatója volt az ALCOA európai üzleti szolgáltató szervezetének is. 2006 januárja és 2009 júniusa között HR igazgató volt a Philips Magyarországon, a MÁV Zrt. valamint a Sanmina SCI cégekénél.

Önkéntesként 2002 óta az Aranybulla Alapítványi Könyvtár és 2008-tól a Nagykarácsonyi Mesefalu Alapítvány kuratóriumainak volt tagja.

Feleségét, Erzsébetet még az egyetemi éve alatt ismerte meg. Két gyermekük született: Erzsébet (Zsike) és Dezső (Deske), akiket nagyon szeretett, velük kapcsolata mindvégig igazán példás volt. Ezek voltak Rankasz Dezső rövid életének tömören összefoglalt, száraz tényei.

Rankasz Dezsőtől 2010. július 2-án Dunaújvárosban vettek végső búcsút családtagjai, barátai, kollégái, ismerősei. A ravatalánál Fazekas Csaba a. Öreghalász búcsúzott tőle az évfolyamtársak nevében. Az ő szavaiból idézve elmondhatjuk:

„Mi tudjuk, hogy elhunyt barátunk mindig a legjobbra törekedett, de sosem volt törtető, tudott figyelni az emberekre, nem gerjesztette, hanem elsimította a konfliktusokat. Segített azoknak, akik hozzá fordultak, a legtöbbször kérni sem kellett rá. Úgy emlékszem, hogy ismeretségünk több mint 25 éve alatt egyszer sem láttam szomorúnak. Nem azért, mert nem voltak problémái vagy nehéz döntései, hiszen nem volt könnyű azokat az eredményeket elérni, amiket ő igen fiatalon elért. Keményen megdolgozott minden eredményéért, és biztos, hogy a gondok őt és családját sem kímélték.

Amit valamennyien elmondhatunk Dezsőről az az, hogy a lényéből fakadó vidámság és jókedv rendkívül erős volt benne. Csak úgy lehet Dezsőre gondolni, hogy a szeme mosolyog. Felsorolni sem lehet azt a sok szép emléket, ami összefűz bennünket a miskolci egyetemen együtt töltött boldog, gondtalan ifjú éveinkben. Az egyetem öt éve alatt egy nagyon jó közösséggé vált évfolyamunk, mely nem kis mértékben volt köszönhető személyének. Nem véletlen, hogy az évfolyam neki szavazott bizalmat, amikor valétaelnöki feladatot kellett választania. Ő korán kiemelkedett közülünk tehetségével, karizmájával, szervezőképességével. Csodáltuk optimizmusát és humorérzékét, mely soha nem hagyta el.

Az egyetem elvégzése után szorgalmának és tehetségének köszönhetően hamar magasra ívelt a pályája. De ő mindig megmaradt annak a szerény nagykarácsonyi srácnak, akit 19 évesen megismertünk. Soha nem feledkezett el a barátairól, évfolyamtársairól, valétaelnökhöz méltóan továbbra is sokunk számára példakép volt és maradt.

Most arra a barátunkra és kollégánkra emlékezünk, aki sokat adott nekünk és kívívta mindannyiunk megbecsülését! Közel egy éve találkoztunk vele utoljára Miskolcon, a 20. évi évfolyam-találkozókon. Tele volt optimizmussal, tervekkel, arcán a jellegzetes mosollyal, ahogy mindig is megszokhattuk tőle.

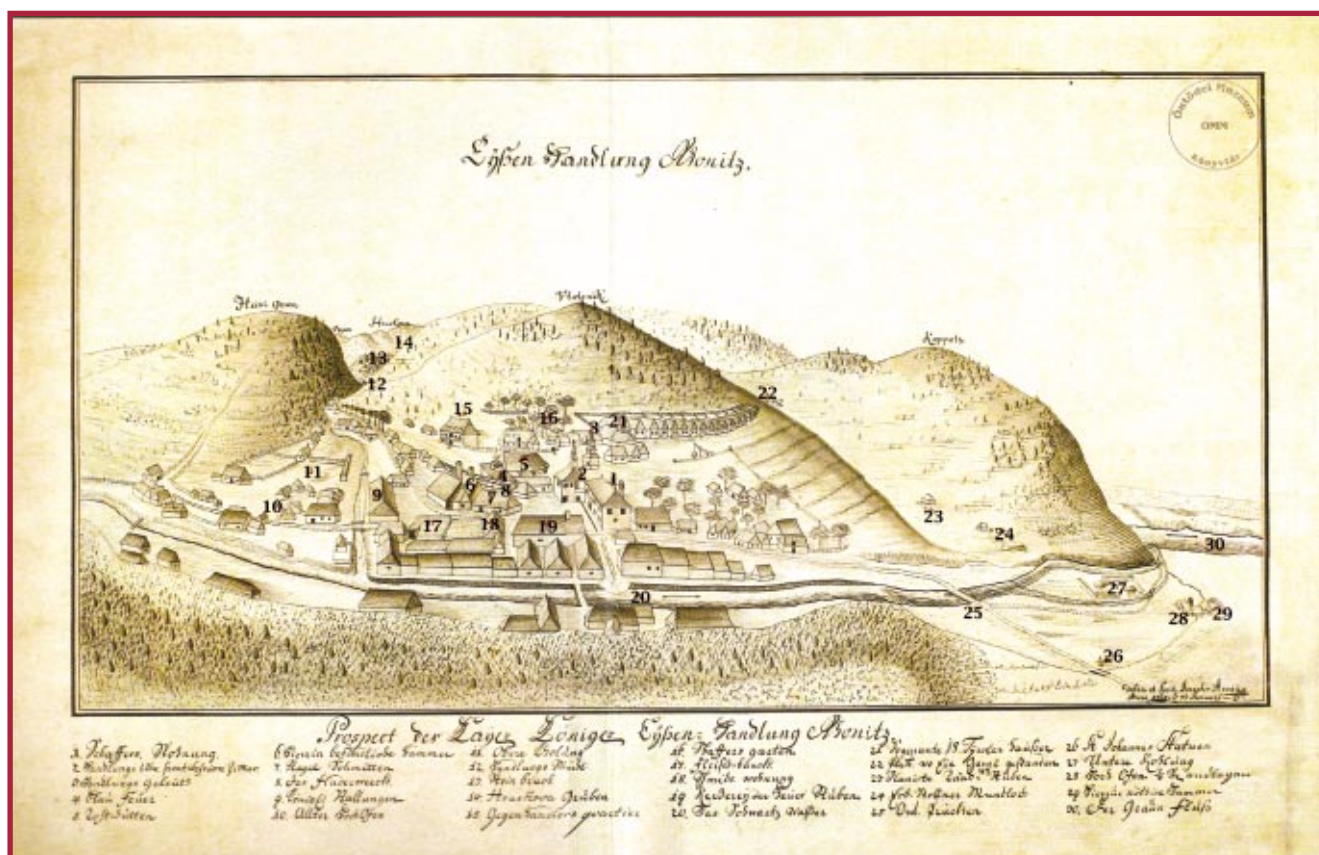
A szívünk most fájdalommal teli, de emlékeinkben ez a mosoly fog tovább élni...”

A temetést követően mintegy hatvan társa a Dunaújvárosi Főiskola Kollégiumában a selmeci hagyományok szerinti gyászszakestélyen emlékezett meg Rankasz Dezsőről és mondott elhunyt társának utolsó

Jó szerencsét!

RGY-HP

## A rhónici vasmű látképe



### Prospect der Kay(serlichen)-König(lichen) Eyßen-Handlung Rhonitz

#### A rhónici császári-királyi vasmű ismertetése

- |   |  |
|---|--|
| 1. Schaffers Wohnung = sáfár (üzemvezető) lakása            | 16. S(c)haffers garten = sáfár kertje                            |
| 2. Handlungs Uhr samt Session Zimmer = óra és ülésterem     | 17. Fleisch-banckh = mészárszék                                  |
| 3. Handlungs Geleuth = harangmű                             | 18. S(c)hmi(e)ds wohnung = kovács lakása                         |
| 4. Blau Feuer = bucakemence                                 | 19. Keeßerey oder Heuer Stuben = sajtkészítő vagy szénapajta     |
| 5. Rost-Hütten = ércpörkölő                                 | 20. Das Schwartz Wasser = Fekete-víz (Fekete-Garam)              |
| 6. Hierrin befindliche Hämmer = itt találhatók a kalapácsok | 21. Sogenante 18 Tyroler Haußer = 18 ún. tiroli ház              |
| 7. Nagel Schmittten = szőghámor                             | 22. Platz wo Ein Ga(...?) gestanden = hely, ahol egy (...?) állt |
| 8. Das Fluderwerckh = vízcsatorna                           | 23. Planirte Baad-Stuben = tervezett fürdőház                    |
| 9. König(liche) Stallungen = királyi istálló                | 24. Erb(autes) Stollner Mundloch = művelt táró szája             |
| 10. Allter Hoch Ofen = régi nagyolvasztó                    | 25. Ord. Prückhen = rendes híd                                   |
| 11. Obere Kholung = felső szénégető                         | 26. St. Johannes Statuen = Szt. János-szobor                     |
| 12. Handlungs Mühl = malom                                  | 27. Untere Kholung = alsó szénégető                              |
| 13. Stein Bruch = kőfejtő                                   | 28. Hoch Ofen ¼ St(...?) = nagyolvasztó (...?)                   |
| 14. Hruskova Gruben = Hruskova-bánya                        | 29. Hierzue nöthige Hammer = ehhez szükséges hámor               |
| 15. Gegen Handlers qvartier = kereskedőnegyed               | 30. Der Graan Fluß = Garam folyó                                 |

A Zólyom vármegyei községet 1357-ben említi először írott forrás Hronec néven, 1424-ben pedig mint Kisgaramot (ez utóbbi lett hivatalos elnevezése a 19. sz. végén). Mindkettő a Garam mellékfolyójára (Fekete-Garam) utal, amely mellett a helység fekszik. Németül Rhonitznak hívták. Lakosainak száma 1850 táján 1200 volt, az I. világháború előtt 2100-ra nőtt, ma 1200 körül van. A Fekete-Garamon leúsztatott farönköket Rhónicnál gerebbel felfogták, és elsősorban faszenet készítettek belőlük, de speciális géppel 15-20 cm-es darabokra vágva és „aszalva” (kemencében megszártva) is használták nagyolvasztó tüzelőanyagaként, mert egy mázsa nyersvasra vonatkoztatva 22 forinttal olcsóbb volt, mint a faszén. Árvay József 1765-ben készült rajzán még nem látható templom, ez csak 1821-26-ban épült fel. Érdekes a hegy oldalán egyforma tiroli házakból álló korabeli „munkáskolónia”.



# Szemelvények kohászatunk múltjából

## Rhónic (ma Kisgaram, szlovákul Hronec)

A Garam völgyébe a Fekete-Garam torkolatánál fekvő Rhónicon a zólyomlipcsei uradalom három jobbágya, továbbá egy negyedik személy 1565-ben engedélyt kapott vasércbányászatra és hámorépítésre. 1580-ban a két vállalkozást a Besztercebányai Kamara átvette és egyesítette. A vasmű, amely négy bucakemencéből és négy hámorból állt, a 17. sz. közepén évente átlagosan 110 t vasat termelt, és a kamara bányáit elsősorban zúzóvassal látta el.

Az első nagyolvasztót 1740-ben helyezték üzembe. Építését az a J. M. Fritz vezette, aki előzőleg a morvaországi Bernsteinben másfél évig tanulmányozta az ottani nagyolvasztót. A rhónici vasmű termékprofilja ettől kezdve a vasöntvényekkel (muníció, kályhalapok stb.) bővült. Itt öntötték Hell József Károly vízemelő gépeinek alkatrészeit. 1780-tól Rhónicról látták el vassal Osztrák-Sziléziát, a két lerakat Opaván és Ostraván volt. 1788-ban üzembe lépett a második nagyolvasztó, ezáltal az évi nyersvastermelés 620 tonnára nőtt, és a – nemcsak rhónici nyersvasból előállított – kovácsolt termékek mennyisége is közelítőleg ennyit tett ki. Vasöntödét, mintasztalos- és gépműhelyt létesítettek. Itt készült az ország első két öntöttvas hídja: 1810-ben egy 4,5 m, 1813-ban egy 10 m fesztávolságú; ezek az európai kontinensen is az elsők közé számítottak. A kisebbik híd – nem eredeti helyén – ipartörténeti emlékként van kiállítva, a nagyobbik, mely 1916-ban még állt, ma már nincs meg. A 19. sz. első felében Rhónic volt az egyik központja a hazai műöntészetnek (öntöttvas serlegek, kisplasztikák). 1814-ben itt helyezték üzembe Magyarország első lemezhengerművét.

Rhónicon működött 1786 óta az alsó-magyarországi kincstári vasgyárak közös igazgatósága. Csak a Rhónichoz közeli helyekre szorítkozva: hámorok voltak Pieszokon, Lopejen, Vaiszkován, Jaszenán, Bisztrán, Chvatimechen. Az utóbbi telephely egyik hámorában létesült 1839-ben az ország első kavarókemencéje. 1842-ben Zährenbachon (Osrblie) rúdsort, öt év múlva Pieszokon egy még nagyobb rúdhengerművet építettek. A szabadságharc alatt, 1849-ben Rhónicon és környékén szuronyt, puskacsövet, puska-vesszőt, ágyugolyót gyártottak mintegy négy hónapon át, mielőtt a császári csapatok megszállták a Garam völgyét.

A 19. sz. közepén világszerte felgyorsult vasútépítés (az első hazai vonalat Pest és Vác között 1846-ban nyitották meg) Magyarországon is sürgető igényt teremtett a vasúti sínek gyártására. Lopejtől keletre, a Garam jobb partján, zöld mezőn 1837-ben kezdték meg egy hengermű építését, és 1853-ban helyezték üzembe. Nagyvasúti sínen kívül kerékabroncsot, később rudat, profilacélt, lemezt is hengereltek, és kovácsolómű is volt. A Brezovának, majd Zólyombrézónak elnevezett ipartelepre helyeződött át Rhónicról a vaskohászat súlypontja.

Rhónicon 1861–63-ban a régiék helyett két új nagyolvasztót építettek, az évenkénti nyersvastermelés 4000 t fölé nőtt. A közeli ércvagyon kimerülése és a kitört gazdasági válság miatt 1876-ban a nagyolvasztók üzemét megszüntették. Az öntőde három kupolókemencével továbbra is működött, gép- és egészségügyi öntvényt, csövet gyártottak, évente mintegy 2700 tonnát. Kovácsolómű és reszelőgyár is volt. 1884-ben edénygyárat és zománcozót hoztak létre, edényt öntéssel és sajtolással is készítettek.

1901-ben eladták az öntödét és az edénygyárat a zománczóval együtt a Vas- és Zománczógyárak Bartelmus és Társa Rt.-nek, ezáltal a rhónici kincstári vasmű több mint három évszázados története végére ért.



**Bányászserleg. Leopold Förster modellje után öntötték az 1820-as években**

 K. L.

### Források:

Péché A.: Alsó-Magyarország bányamívelésének története. Bp., 1967.

Heckenast G.: A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában. Bp., 1991.

Rempert Z.: A Kárpát-medence vasgyártása a neoabszolutizmus korában. Bp., 2003.